This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

BIOLOGY
LIBRARY
G

Class

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

NATURBEGRIFFE
UND
NATURURTEILE

ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN
ZUR REINEN UND EMPIRISCHEN
NATURWISSENSCHAFT

VON

HANS DRIESCH

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1904

Digitized by Google

QH308
D35
BIOLOGY
LIBRARY
G

GENERAL

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten.

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Vorrede.

Dieses Buch war ursprünglich als ein theoretischer Abschluß meiner Untersuchungen über die Autonomie der Lebensvorgänge, also über die wahre Selbständigkeit der Biologie, gedacht; mit der 'Lokalisation morphogenetischer Vorgänge', mit den 'Organischen Regulationen' und mit der '»Seele« als elementarer Naturfaktor' zusammen sollte es ein Ganzes bilden, eine Grundlage wahrer theoretischer Biologie. Geht doch auch dieses Buches erster skizzenhafter Entwurf auf etwa 1895 zurück. Ein Titel wie etwa 'Das Leben im Naturganzen' oder 'Energetik und Leben' war für solchen Abschluß meines Systems theoretischer Biologie in Aussicht genommen worden.

Nun ergab es sich aber, als ich vor etwa vier Jahren die tiefere Ausarbeitung meines Planes begann, daß das 'Leben' nicht wohl zum 'Naturganzen' oder zur 'Energetik' in Beziehung gesetzt werden konnte, ohne daß der Gesamtinhalt dieser Begriffe selbst einer gründlichen, selbständig vorgehenden Analyse unterzogen ward. Ich konnte hier nicht nur übernehmen.

Und so ist denn dieses Buch auf der einen Seite zwar ein Abschluß meiner theoretisch-biologischen Tätigkeit geworden, auf der andern aber, zumal und fürs erste lediglich für mich selbst, der Ausgang ganz neuer, das Gebiet der Biologie, ja der Naturforschung im eigentlichen Sinn überhaupt überschreitender Untersuchungen. Dieses Buch weist rückwärts, mich selbst aber weist es zugleich vorwärts, und zwar ist es in weit höherem Grad ein Anfang, als es ein Ende, ein Abschluß ist.

Daß eine gradweise abgestufte Erweiterung der 'Wirklichkeit' in unmetaphysischer Weise erkenntniskritisch zulässig und daß zumal die 'Konstante' einer der fundamentalsten naturwissenschaftlichen Begriffe im Sinne solcher erweiterten Wirklichkeit ist, daß es eine reine, 'aprioristische' Naturwissenschaft geben kann und daß ein großer Teil der 'Energetik' unter diesen Begriff fällt, daß im übrigen 'Energie' nur ein Maßbegriff, aber keine 'Substanz' ist, daß es drei Energiesätze gibt, daß die Entelechielehre die Energetik nicht verletzt, daß in 'Kompensations'-Leistungen die letzten Tätigkeiten der Konstante 'Entelechie' gelegen sind: solches sind wohl die bedeutsamsten der

179209

Digitized by Google

Aussagen, welche dieses Buch klarzustellen die Aufgabe hat; wenigstens sind es diejenigen, deren Begründung sich bis zu einem gewissen Abschluß hat führen lassen.

Wie der Begriff der Notwendigkeit des Bejahens und Verneinens gewandt werden könne, ohne doch Wissenschaft wertlos zu machen, wo der Substanzbegriff Anwendung finden könne und was vor der Erfahrung von 'Substanz' gelte, was ein System der Konstanten bedeute und wie sich solches zu einem System 'reiner' Naturbegriffe verhalten möge: das sind einige der nächsten Aufgaben, die mir aus diesem Buch erwachsen.

Man wird mich angesichts solcher Mitteilungen wohl fragen, warum ich das Wort 'Naturphilosophie' nicht in den Titel gebracht habe, in den Titel eines Buches, das ausdrücklich eine Synthese Aristotelischer und Newtonischer Forschungsmaximen, also nicht die Alleinherrschaft letzterer vertritt.

Ich habe das nicht getan, damit meine Bestrebungen nicht auf Grund einer Äußerlichkeit, eines Namens, zusammengebracht werden möchten mit neueren Leistungen anderer, welche sich 'Naturphilosophie' nennen und doch das gerade Gegenteil von Naturphilosophie sind; wahrlich, Ostwald, der verdiente Naturtheoretiker, war nie weniger 'Naturphilosoph', als da er jenes Wort für Buch und Zeitschrift verwendete. Man darf alteingebürgerte Kunstausdrücke der Wissenschaft nicht ganz beliebig, aller Überlieferung trotzend, gebrauchen; wer die Möglichkeit des Apriori in jeder Form prinzipiell leugnet, der kann nun einmal nicht 'Naturphilosoph' heißen.

Was ich biete, ist, wenigstens zum Teil, wirklich 'Naturphilosophie': die Zeit wird kommen, da man, ohne mißverstanden zu werden, es so nennen kann.

Wenn mein Buch also zum Teil Naturphilosophie wahren Sinnes ist, so ist es andererseits doch nur ein Teil von derselben. Wie aus andern Gebieten, so ist auch von Naturphilosophie dasjenige von mir genommen worden, was meinen Zwecken dient: mein Endzweck aber in dieser Schrift ist doch eben noch ein biologischer.

Die Ungleichheit in der Ausführung der verschiedenen Teile des Buches hängt mit dem soeben Gesagten, überhaupt mit der Doppelnatur dieses Buches, das zum Teil ein Ende, zum Teil einen Anfang bedeutet, zusammen: manche Teile sind Skizzen, sind 'Programme', oft mit Hervorhebung einzelner mir besonders wichtiger Punkte, andere Teile sind in Breite ausgeführte Endergebnisse. Natürlich brauchte ich nicht breit auszuführen, was ich schon in andern Schriften

Digitized by Google

gesagt hatte. Der Leser, welchem nur am Allgemeinsten gelegen ist, mag die Abschnitte C 2 d und C 3 h übergehen und von Abschnitt E nur die Zusammenfassung lesen. —

Vertreter anorganischer Wissenschaft werden sagen, daß ich in diesem Buche von manchen Dingen rede, welche ich nicht kenne. Ich kann da nur erwidern, daß ich mich bemüht habe, sie gründlich kennen zu lernen. Und es stünde doch wohl schlimm um die Grundbegriffe chemischer und physikalischer Forschung, wenn sie nicht auch ernstem Studium eines nicht Zunftgemäßen erfaßbar wären.

Dankbar erkenne ich den großen Nutzen an, welchen mir zum ersten tieferen Eindringen in die Gegenstände anorganischer Forschung vor allem die Werke von Mach, Dühring, Ostwald, Helm und Nernst gewährt haben. Doch habe ich mich mit den Kompendien und Historien dieser Männer nicht begnügt, sondern bin für alles Grundlegende auf die Originalia zurückgegangen: R. Mayer, Helmholtz, Carnot, Clausius, W. Thomson, Maxwell, Le Chatelier, Wald, Planck, Stallo und einige andere habe ich auf solche Weise gleichsam wissenschaftlich persönlich kennen gelernt; die verdienstvolle Geschichte der Energetik von Helm zumal machte das nicht schwer. E. v. Hartmanns 'Weltanschauung der modernen Physik', welche während meiner Arbeit erschien, bot mir in manchem eine willkommene Bestätigung eigner Gedanken; in vielen Grundfragen allerdings stehe ich auf anderem Boden. Ich kann hier die Bemerkung nicht unterdrücken, daß dieses Buch E. v. Hartmanns in Fachkreisen durchaus nicht seiner Bedeutung entsprechend gewürdigt worden ist.

Glaube ich also zu eignem Urteil über die Grundbegriffe anorganischer Wissenschaft mich durchgearbeitet zu haben, so soll damit nicht im entferntesten behauptet werden, daß ich auch die dem Fachgelehrten eigne Routine in der praktischen Anwendung dieser Begriffe erworben zu haben mir anmaße. Das ist in der Tat nicht möglich ohne wirkliches Darinstehen in praktischer Betätigung der Spezialwissenschaft. In diesem Sinne wolle man mir Fehler in Einzelheiten, die sicherlich nicht ausgeblieben sein werden, zugute halten und verbessern. Ich hoffe, daß solche Fehler nie das mir Wesentliche getrübt haben.

Möge mein Buch einen erfolgreichen Schritt auf dem Wege bedeuten, welcher Naturwissenschaft über sich selbst hinausweist.

Heidelberg, den 28. April 1904.

Hans Driesch.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Idealistische Vorbemerkung: Die Bedeutungen des Wortes 'Sein' 1

A. Das 'Wirkliche' und seine Erweiterung 4

1. Die erste Stufe des Wirklichen 4
2. Die zweite Stufe des Wirklichen 4
3. Die dritte Stufe des Wirklichen: die 'wissenschaftliche' Stufe 7
   a. Zur Analyse der temporären Eigenschaften 9
   b. Die Schöpfung der Konstanten 13
   c. Die Schöpfung des 'Strahles' und der 'Kraft' 17
   d. Das Problem der Substanz 20
4. Ausblick auf eine vierte, letzte Stufe der Wirklichkeit: qualitative Atomistik 24
5. Rückblick 26

B. Sätze 'reiner' Naturwissenschaft 30

1. Vom Kategorialen überhaupt 30
2. Reines Wissen in Geometrie und Mechanik 38
3. Übergang zur Physik. Allgemeines über Kausalität 41
4. Vom Begriff der reinen Naturwissenschaft 43
5. Die reinen Sätze vom Geschehen 44
6. Ausblicke 47

C. Die Energielehre 50

1. Der erste Hauptsatz 50
2. 'Energiefaktoren' 58
   a. Energie und Körper 58
   b. Ältere Zerlegungsarten der Energie 59
   c. Die Zerlegung in Faktoren 61
   d. Exkurs über 'Entropie' 62
   e. Die Zerlegung in Faktoren. Fortsetzung 66
   f. Allgemeine Charakteristik der Faktoren 67
   g. Sonderheiten der Energie-'Arten' 68
   h. Kapazitätsfaktoren und Masse 72
   i. 'Erhaltungs'-Gesetze 73
   k. Das Problem der 'Erhaltung der Substanz' 76
   l. Schluß 77
3. Der zweite und der dritte Hauptsatz 77
   a. Der übliche 'zweite Hauptsatz' der Thermodynamik 78
   b. Der übliche 'zweite Hauptsatz' der allgemeinen Energetik 79

Digitized by Google

Seite

c. Die begriffliche Doppelnatur des üblichen 'zweiten Hauptsatzes' . . . 81
d. Der 'wahre' zweite Hauptsatz der Energielehre 81
e. Der dritte Hauptsatz der Energielehre 83
f. Die Formen der Energiezerstreuung 85
g. 'Entwertung' als Folge von Zerstreuung. 'Entropie' 86
h. Die Begriffe 'von selbst' und 'Arbeitsaufwand'. Erläuterungen . . . 88
i. Zusammenfassung 93
4. Die Minimumsätze 95
5. Die energetischen Sätze in ihrem Verhältnis zu den beiden Grundformulierungen empirischer Kausalität 97

D. Die vorliegenden Ergebnisse autonomer Biologie 100
1. Der ältere Vitalismus und die materialistische Reaktion . . 100
2. Aussagen von Physikern über Biologisches 102
3. Einiges über neue Ansätze zu einer autonomen Biologie unter Biologen 108
4. Eduard v. Hartmann 110
5. Meine Entelechielehre 112
a. Die Beweise der Lebensautonomie 112
b. Formulierungen autonomen Lebensgeschehens 120
c. Die Entelechie als Konstante. Ablehnung einer 'lebendigen Substanz' 122
6. Aufgaben 124

E. Analyse der Sondergesetzlichkeit des Chemisch-Aggregativen 127
1. Das Anwendungsbereich des Energiebegriffs 127
2. Die Anwendung des ersten Energiesatzes 129
3. 'Faktoren' chemischer Energie 131
4. Das Massenwirkungsgesetz. 133
5. Der Begriff der Umkehrbarkeit von Reaktionen. 134
6. Die 'Phasenregel' 138
7. Die übliche chemische Thermodynamik 140
8. Analytische Energieschematik des chemisch-aggregativen Geschehens 142
a. Das allgemeinste Schema des wahren zweiten Hauptsatzes 142
b. Wiederum die Begriffe 'von selbst' und 'Arbeit' 144
c. Die besondere Form des zweiten und dritten Hauptsatzes der Energetik im Chemisch-Aggregativen 147
d. Intime Analyse einiger besonderer, zumal 'isothermer' Vorgänge . . 148
e. Rückblick 154
9. Die Katalyse 154
10. Zusammenfassung 160

F. Versuch einer Analyse der elementaren Bedeutung der Entelechie 163
1. Einleitende Betrachtungen 163
a. Von den Arten der Zusammengesetztheit der Körper 163
b. Kristalle als typische Körper 164
c. Das Deskriptive und das Rationelle in der heutigen Biologie 165
d. Die neuen Aufgaben. 166
2. Empirische Präzisierung der Aufgabe: Das Chemisch-Aggregative an den Lebenskörpern 166

Digitized by Google

Seite

3. Entelechie und erster Energiesatz 168
4. Entelechie und wahrer zweiter Energiesatz in allgemeinster Form 169
5. Entelechie und 'Zerstreuung' 171
6. Die Rolle der Katalyse im Organischen. Klärung des Grundproblems 173
7. Das geklärte Grundproblem 175
8. Vom Begriff der 'Kompensation' 176
   a. Ein weiterer Schritt in der Fragestellung 176
   b. Vitale Kompensationen 179
   c. Erklärung der Beschränkung des Regulativen 180
   d. 'Entwicklung' und der zweite Hauptsatz 180
   e. Vom Begriff des vitalen 'Parameters' 182
9. Zur näheren Kennzeichnung vitaler Kompensation und ihrer Aufhebung 184
   a. Kompensation nach innen und nach außen 184
   b. Ausgleichshemmung und Spannungsschaffen 185
   c. Stellung zum Begriff 'Auslösung' 186
10. Entscheidung der Frage nach vitaler 'Energie' 188
11. Der vitale Parameter als 'Agens' gedacht: Vitales und anorganische Agenzien 190
   a. Zentrierte und nicht zentrierte Agenzien 191
   b. Entelechie und Masse 191
   c. Das 'Individuum' 192
   d. Individuum und Substanz 193
   e. Ablehnung aller 'Lebensstoff'-Theorien 195
   f. Exkurs über 'Vererbung' 196
   g. Historische Probleme: Deszendenz, 'Urzeugung' 198

Schlußbetrachtungen 200

1. Der Lebensvorgang im Naturganzen 200
   a. Das Schema der Eigenschaftsübertragung im Anorganischen 200
   b. Das kausale Eingreifen von Entelechie 202
2. Vom 'Erklären' und von rationeller Wissenschaft. Neue Probleme 206
3. Kausalität und Finalität 210
4. Das biologische Endergebnis 212

Zusätze 217

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Idealistische Vorbemerkung: Die Bedeutungen des Wortes „Sein".

§ 1. Das Wort 'sein' (esse) hat in jeder der drei 'Personen' seiner Konjugation eine andere philosophische Bedeutung, und man kann in gewissem Sinne sagen, daß sich auf jede dieser drei Bedeutungen einer der großen Hauptteile der Philosophie aufbaut.

'Ich bin', 'Du bist', 'Es ist' lauten jene drei Formen des Konjugierens.

Das 'ich bin' ergibt die Grundlage für die Erkenntnistheorie; das 'du bist' für die Ethik; das 'es ist' für die Naturphilosophie.

Hat also das Wort 'sein' drei durchaus verschiedene Bedeutungen[1]), so ist uns doch kein höherer allgemeinster Begriff gegeben, der jene drei Bedeutungen unter sich befasse; wenigstens nicht, wenn uns Metaphysisches fremd bleiben soll. Der Infinitiv 'sein' ist vielmehr ein bloßes Wort, und es bleibt in jedem Falle zunächst unbestimmt, welche der drei fundamentalen möglichen Bedeutungen mit ihm verbunden gedacht werden soll.

§ 2. Das 'Ich bin' drückt ein psychologisch-erkenntniskritisches Urphänomen aus; es ist gleichbedeutend mit 'Ich' und besagt in unmetaphysischer Anwendung nicht etwa mehr als 'Ich'. 'Ich' ist eine Tatsache, und zwar eine Tatsache ganz besonderer Art, wie es deren keine andere gibt; das 'ich denke', 'ich empfinde', 'ich will' beschreibt nur des näheren das 'Ich', dessen wesentlichstes Attribut durch ein 'ich betrachte und urteile' am besten wiedergegeben wird[2]). Im Sinne von 'Ich bin' gibt es also nur einen mit dem Zeitwort 'sein' gebildeten Satz und keinen andern.

---

1) Als Kopula kommt das Verbum 'sein' in unsern Erörterungen natürlich nicht in Betracht.

2) Ich kenne wohl Lichtenbergs 'Es denkt', ja ich möchte ein 'es will' hinzufügen — aber ich urteile, auch moralisch. — Diese kurzen Worte müssen hier genügen.

Digitized by Google

Daß das 'Ich bin' nicht bedeuten soll 'ich existiere absolut' ist mit diesem allen schon gesagt; damit würde das Wort 'sein' ja in einer allerobersten Bedeutung gebraucht werden, die wir ihm in unmetaphysischer Weise eben nicht zueignen können.

§ 3. Das 'Es ist' gilt in bezug auf 'mich'. 'Es ist' für 'mich'. Die Welt 'ist'; wir können auch sagen: sie ist da, ist gegeben. Ich weiß von ihr nur, insofern sie für mich 'ist' (esse = percipi).

Mit diesem Satz ist einmal nicht behauptet, daß sie 'an sich', daß sie 'absolut' existiere; es ist aber zum andern mit diesem Satze nicht behauptet, daß es 'absolutes Sein' nicht 'gäbe'. Es ist vielmehr über 'absolutes Sein', als über einen durchaus unbehandelbaren, mir durchaus 'unbegreifbaren', also eigentlich keinen 'Begriff', gar nichts, weder im Positiven noch im Negativen, ausgesagt (Zusatz 1).

In der Bedeutung 'es ist für mich in der Welt als mir oder meinem Bewußtsein Gegebenem' soll das Wort 'es ist' in diesem Buche stets gebraucht werden. 'Es ist' meint also ein durchaus anderes 'sein' als 'ich bin', aber beide Bedeutungen des 'seins' sind lediglich definitionsmäßig festgelegt und sollen nur das besagen, als was sie definiert sind.

Man kann einen solchen Standpunkt der Betrachtung passend 'Kritischen Idealismus' nennen. Den Ausdrücken 'subjektiver Idealismus' oder 'Solipsismus' haftet gar zu leicht der Schein der behaupteten absoluten Existenz des 'Ich' oder der Schein einer Emanenz der Welt, des 'es ist', aus dem 'Ich' an, auch wenn solche Wendung gar nicht beabsichtigt war.

§ 4. Würde die Aufgabe unseres Buches eine weitere sein, als sie ist, so würden wir den kritischen Idealismus mit einem andern Standpunkte der Betrachtung vertauschen oder vielmehr, wir würden einen kritischen Standpunkt einem metaphysischen opfern müssen. Die Erwägung des 'Du bist' würde dazu zwingen.

'Du bist' anders als 'ich bin' und anders als 'es ist'. 'Du', das 'andere' belebte Wesen, existierst. Wenigstens kann es ohne diese Wendung keine Ethik geben; es gibt aber das Objekt der Ethik, es gibt Moral, es gibt das 'du sollst' als Urphänomen, mag der Inhalt des 'du sollst' sein, welcher er will. Dies ist einer der wenigen Punkte, in dem alle Philosophen gleich denken (Zusatz 2).

§ 5. Wir schreiben hier nur ein naturwissenschaftliches und naturphilosophisches Buch; dazu dürfen wir uns einen Standpunkt wählen, wie er uns genügt. Es genügt uns aber jeder Standpunkt, der uns

Digitized by Google

gestattet, einen Teil des 'es ist', anders gesagt: unsern Bewußtseinsinhalt, soweit er Natur genannt wird, widerspruchslos und vollständig zu ordnen. Denn widerspruchslose, vollständige Ordnung des Bewußtseinsinhaltes ist die allgemeine Aufgabe aller Wissenschaft; was widerspruchslos und vollständig geordnet ist, das ist 'wahr', und einen andern bedeutsamen[1]) Sinn des Wortes 'Wahrheit' kann es für den kritischen Idealismus nicht geben (Zusatz 3).

Einen besonderen Vorteil gewährt es daneben, wenn sich ein Standpunkt finden läßt, von dem aus die vollständige, widerspruchslose Ordnung des Gegebenen möglichst voraussetzungslos, möglichst unbefangen erzielt werden kann. Der Standpunkt des kritischen Idealismus wird uns gestatten, vollständig, widerspruchslos und voraussetzungslos vorzunehmen, was wir vornehmen wollen.

---

1) In elementarem Sinne 'wahr' ist natürlich die sachgemäße Aussage über jedes gegebene Tatsächliche.

Digitized by Google

A. Das „Wirkliche“ und seine Erweiterung.

1. Die erste Stufe des Wirklichen.

§ 6. Dem naiven Menschen ist dieser Baum und dieses Haus hier vor ihm 'wirklich', ebenso 'wirklich' ist ihm aber auch ein Haus, das er vor einem halben Jahr an einem andern Orte sah, ebenso wirklich ist ihm der Blitz, der Donner, das Feuer und was sonst noch.

So lehrreich und bedeutsam es sein mag, den Standpunkt des naiven Menschen als Ausgang der analytischen Erkenntniskritik zu wählen: wir wollen hier, wo uns Erkenntniskritisches doch vorwiegend Mittel zum Zweck ist, anders vorgehen und wollen vom Standpunkt des wissenschaftlichen Menschen, des 'Wissenden', ausgehen.

§ 7. Das 'es ist', die Welt, im besondern: die Natur ist uns unmittelbar als Summe sogenannter 'Empfindungen' gegeben. Ganz unmittelbar 'wirklich' ist mir nur das, was ich 'jetzt' sehe, höre, rieche usw., und in aller Strenge ist schon das nicht mehr unmittelbar wirklich, was ich vor einer Sekunde gehört habe. Die 'erste Stufe des Wirklichen', das wahre 'esse = percipi', ist also äußerst beschränkt, inhaltsleer und ordnungslos. Aber es ist wertvoll, sich zu erinnern, daß es diese erste Stufe des Wirklichen, des 'Gegebenseins', für den reflektierenden Verstand (nicht für den naiven) gibt.

2. Die zweite Stufe des Wirklichen.

§ 8. Schon in der 'zweiten Stufe des Wirklichen' erkennt der reflektierende Verstand eine Verarbeitung des unmittelbar Gegebenen durch Faktoren, welche eine gewisse Relation zwischen dem 'Ich bin' und dem 'Es ist' bedeuten. Die Schaffung dieser 'zweiten Stufe des Wirklichen' zerfällt in klarer Weise in zwei nebeneinander verlaufende Akte.

Durch den ersten derselben wird der Umfang des Wirklichen in zwei Richtungen erweitert: der Tisch 'hinter mir' ist auch wirklich,

Digitized by Google

ob ich ihn schon 'jetzt' nicht sehe; das Kleid 'im geschlossenen Schrank' ist wirklich, und wirklich ist auch mein Spaziergang 'vor drei Tagen' 'gewesen'. Diese Erweiterung des Wirklichen geschieht letzthin auf Grund zweier Urphänomene: das eine ist die einfache Erinnerung, sie bereichert das Bereich des Wirklichen unmittelbar in die Vergangenheit; das zweite ist das Vermögen der Willenshandlung und das Bewußtsein davon: auf Grund seiner sage ich mir: 'drehe ich mich um, so wird jener Tisch hinter mir unmittelbar d. h. auf erster Stufe wirklich werden, und ich kann mich ja umdrehen'; 'öffne ich jenen Schrank, so wird jenes Kleid unmittelbar wirklich werden, und ich kann ihn ja öffnen' usf. Dieses Urphänomen erweitert das Bereich des Wirklichen räumlich, nämlich in Hinsicht des gedachten unbegrenzten Totalraumes im Gegensatz zu dem jeweilig sinnlich erfüllt wahrgenommenen Raumausschnitt, und zeitlich, in die Zukunft.

§ 9. Es ist nach dem Gesagten klar, daß die Begriffe oder Vorstellungen des Totalraumes und der Totalzeit mit zu den Relationsfaktoren gehören, welche die zweite Stufe des Wirklichen aus der ersten herausarbeiten. Es ist anderseits klar, daß sie allein nicht dazu genügen, daß vielmehr Erinnerung und Bewußtsein der Handlungsfähigkeit dazukommen müssen. Im übrigen soll in eine tiefere Analyse des Sachverhalts hier nicht eingedrungen werden, und es mag nur bemerkt sein, daß das bisher Erörterte von jeder näheren Einsicht in die besondere 'Natur' des 'Raumes' unabhängig ist; erst die Betrachtung des zweiten Aktes, durch den die zweite Stufe des Wirklichen vollendet geschaffen wird, wird uns hier ein Problem zeigen.

§ 10. Dieser zweite Akt ist durch Schaffung des 'Dinges' gekennzeichnet. Bisher hatten wir immer nur Empfindungskombinationen im Auge, und es geschah nur der Kürze des Ausdrucks wegen, wenn wir von 'Schrank', 'Tisch' usw. redeten; die des näheren unbestimmt gelassene räumlich-zeitliche Erweiterung des Wirklichen über das im strengsten Sinn unmittelbar Gegebene hinaus war allein das Kennzeichen der von uns studierten Leistung.

Diejenige Leistung nun, welche vor allem den zweiten Akt der ersten Wirklichkeitserweiterung kennzeichnet und welche das völlige Herausarbeiten der fertigen zweiten Stufe des 'Wirklichen' besorgt, besteht in der Schöpfung des Begriffs 'Dasselbe'.

Dieser Begriff hat verschiedene Seiten:

§ 11. Ich sehe einen roten Flächen- und Kantenkomplex, den ich

Digitized by Google

schon vorläufig einen Würfel nennen will, ich greife jetzt 'dahin', 'wo' ich ihn sehe: 'derselbe' Würfel erweist sich jetzt auch als 'hart' und als 'warm'. Bald gewahre ich, daß er 'auch' riecht.

Dies ist die eine Seite der 'Dasselbigkeit': sie ist gebunden an den Begriff des 'identischen Raumteils'.

Aber jener rote Würfel ist auch 'derselbe', wenn er gedreht wird, also ein ganz anderes Empfindungsbild unmittelbar gewährt, ja er ist 'derselbe', auch wenn er, um seine Achse sich drehend, sich fortschreitend bewegt, er ist 'derselbe', wenn er im Natriumlicht schwarz erscheint (da er der Voraussetzung nach ja 'rot ist').

§ 12. Es ist wieder eine jener Relationen zwischen dem 'Ich bin' und dem 'Es ist' gewesen, welche die Schöpfung der fertigen zweiten Stufe des Wirklichen, begründet in den Begriffen 'derselbe' und 'auch', besorgt hat. Eine sogenannte 'Kategorie' ist hier zwangsweise im Spiel: es ist die Kategorie der 'Substanz'. Sie schafft das Ding als Element der zweiten Wirklichkeitsstufe.

'Das Ding' nimmt einen Raumabschnitt ein und hat 'Eigenschaften'. Der Raumabschnitt kann sich verändern nach Größe und Form, die Eigenschaften können wechseln: das Ding bleibt. Anders gesagt: es wird eben zwangsmäßig das 'Bleiben' von 'irgend etwas' behauptet, und dieses wird 'Ding' genannt.

Der Begriff 'Materie' spielt hier noch gar nicht mit hinein.

§ 13. Wie aber hier der 'Raum', zumal in Hinsicht seiner 'dritten Dimension' hineinspielt, das ist zwar an sich von hervorragender Bedeutung, kann aber in unsern, bloß zu anderem vorbereitenden Erörterungen keine eingehende Darlegung finden: wohl haben Neuere, vor allem Dreyer, überzeugend dargetan, daß der unmittelbare (auf 'erster Stufe') gegebene Gesichtsraum eine (sphärische) Fläche ist; aber dazu, nun den 'dreidimensionalen' Raum als 'Hypothese' oder als 'Fiktion' zu bezeichnen und ihn sogar mit einer vierten oder höheren Dimensionalität oder mit den 'Atomen' logisch auf eine Stufe zu stellen, scheint uns aus dem Ermittelten keine Nötigung zu erwachsen (Zusatz 4). Wer so sagt, übersieht unseres Erachtens das Zwangsmäßige, was der Schaffung eben des dreidimensionalen 'Dinges' als Objektes der erweiterten Wirklichkeit anhaftet. Gewiß kann ich mir die dritte Dimension nicht in irgendwelcher Art im Sinn eines unmittelbaren Gegebenseins 'vorstellen', gewiß kann ich sie in solchem Sinne nicht irgendwie 'anschauen'; hier ist Kant im Wortlaute zu berichtigen. Aber das eigentlich 'Kategoriale', das Zwangsmäßige eben, bleibt bestehen: im Sinn erweiterter Wirk-

Digitized by Google

lichkeit 'ist da' eine dritte und nur[1]) eine dritte Dimension; ein 'ich kann nicht anders' kommt hier in Frage (Zusatz 5), nie und nimmer eine 'Hypothese'. Im wesentlichsten stehen wir hier also auf Kantischer Basis.

§ 14. Dem ersten und zweiten Akt der Schöpfung der zweiten Stufe der Wirklichkeit haftet eine gewisse Unbestimmtheit der Bezeichnung insofern an, als beide mit gleich gutem Grund in umgekehrter Folge und daher mit umgekehrter Benennung zur Darstellung hätten kommen können.

Ob ich zuerst das nur als Ausschnitt Wahrgenommene 'hinter' mich zur Totalität erweitere und das dort hinter mir sich befinden Könnende auch wirklich nenne, oder ob ich zuerst, unter Berufung auf die 'dritte Dimension', durch die Kategorie 'Substanz' das 'Ding' schaffe, ist offenbar gleichgültig; jedenfalls tue ich beides, und einen historischen Wert irgendwelcher Art sollen unsere Akte in keiner Hinsicht bezeichnen.

§ 15. Haben wir unsere zweite Stufe vollständig erreicht, so sind wir jedenfalls so weit, daß uns 'wirklich' sind: dreidimensionale 'Dinge' im Totalraum und in der 'Totalzeit' mit wechselnden 'Eigenschaften', die wir 'temporäre Eigenschaften' nennen wollen.

Alle Weiterbildung des Wirklichen, die Schöpfung der inhaltreichen dritten, der 'wissenschaftlichen Stufe' des Wirklichen, knüpft nun an die temporären Eigenschaften der Dinge, und zwar an ihre Veränderlichkeit an.

3. Die dritte Stufe des Wirklichen: die 'wissenschaftliche' Stufe.

§ 16. Vom unmittelbar Gegebenen hatte sich schon die zweite Stufe des Wirklichkeitschaffens entfernt: hinter mir 'ist' ein Tisch, wenn ich nur weiß, daß er unter gewissen, von mir gekannten Bedingungen ein unmittelbar Gegebenes werden kann, und hier vor mir 'ist' ein roter, warmer Würfel, mag mir auch nur ein roter Farbenfleck unmittelbar gegeben sein, wenn ich nur weiß, daß ich von

---

1) Zu einer vierten Dimension wirklichkeitserweiternd fortzuschreiten, würde uns unter allen Umständen unmöglich erscheinen; auch falls die als 'spiritistische' behaupteten Phänomene zu Recht beständen, hätte man zu ihrer Bewältigung unsers Erachtens so nicht vorzugehen.

Digitized by Google

diesem Farbenfleck als 'demselben' Tast- und Wärmeeindücke bestimmter Art empfangen kann.

Der sogenannten Sinnesphysiologie, der Erkenntnistheorie und der Psychologie muß eine weitere Durchführung aller hier zutage liegenden Probleme überlassen bleiben.

Unser Ziel ist jetzt die Wissenschaftsbildung, die Schaffung von Ordnung in dem als Natur Gegebenen. Das Gegebene verändert sich; sowie uns Veränderung gegeben ist, tritt eine neue Kategorie als Mittler zwischen dem 'Ich bin' und 'Es ist' in Aktion, die Kategorie der Kausalität.

§ 17. Wo etwas sich verändert, muß etwas anderes sich verändert haben, und wenn etwas unter bestimmten Umständen sich bestimmt verändert, wird auch ein anderes Mal dasselbe unter gleichen Umständen sich gleich verändern, populär gesprochen: 'Keine Wirkung ohne Ursache' und 'gleiche Ursachen, gleiche Wirkung', das sind die einfachsten Formen, in denen jene Kategorie im reflektierenden Bewußtsein ist.

Wie bändigen wir mit ihr das wechselvoll Gegebene? Was sind 'Eigenschaften'? Was bedeutet es, daß ein 'Ding' rot ist, oder daß es tönt oder sich bewegt? Warum ist es nicht immer rot, warum mitunter auch gelb oder weiß?

§ 18. Wollen wir unbefangen an das Unternehmen der geistigen Bewältigung des Wechsels alles Gegebenen herangehen, so müssen wir uns von Anfang an vor einem Grundfehler mehr als vor jedem andern in acht nehmen: es liegt kein Grund irgendwelcher Art vor, dasjenige, was wir verschiedene Qualitäten der Eigenschaften der Dinge nennen, für verschieden in seinem Wirklichkeitsrange zu halten.

Wir untersuchen das 'Es ist', das Gegebene im Raum, die Natur, so wie sie eben 'für mich' vermöge sinnlicher Daten und zwangsmäßiger kategorialer Verarbeitung da ist; für sie wollen wir Ordnung schaffen. Wir wollen nicht etwa das 'Wirken' von etwas 'Absolutem' auf 'mich' studieren.

Mein Körper ist auch ein Ding, auf meinen Körper können also auch andere Dinge 'wirken'. Wenn aber das Wirken der Dinge untereinander bisweilen bedeutsamer erscheint als dasjenige auf meinen Körper, und wenn in andern Fällen das Umgekehrte gilt, so ist damit ein Rangunterschied in der Charakteristik der in Frage stehenden 'Eigenschaften' doch in keiner Weise ausgesprochen.

Digitized by Google

a. Zur Analyse der temporären Eigenschaften.

§ 19. Wenn wir jetzt daran gehen, die 'temporären Eigenschaften' der Dinge, das heißt also diejenigen ihrer Eigenschaften, deren Änderungen im Kausalgetriebe uns mehr oder weniger unmittelbar gegeben sind, zu kennzeichnen, wird sogleich klarer werden, was wir meinen:

Dieser Würfel hier ist warm; ich sage das, weil ich ihn angefaßt habe, er ist auch rot, ich sage das, weil ich ihn sehe. Er bleibt warm und rot nach unserer zweiten Stufe der Wirklichkeitsschöpfung, auch wenn er nicht angefaßt und gesehen wird. Wenigstens sind gewisse Umstände denkbar, unter denen er das bleibt.

Ich weiß nun, daß der 'warme' Würfel als 'derselbe' durch 'Berührung' oder durch 'Strahlung' gewisse hierzu geeignete Körper in bestimmtem Grade zur Ausdehnung bringt, daß er selbst je wärmer desto ausgedehnter ist. Ich weiß, daß nicht nur der warme Würfel, sondern fast jedes warme 'Ding' sich so verhält, so daß ich aus dem Ausdehnen sogar auf 'Warmsein' schließe, ohne das Ding anzufassen.

Genau genommen 'ist' das 'ausdehnen-könnende' Ding als solches nicht warm; ich weiß nur, daß es als solches immer 'auch' warm ist. Der Begriff 'dasselbe' vermittelt hier. Wegen des steten Beisammenseins dieser Eigenschaften, das ich aber nicht verstehe, nenne ich nun ein 'ausdehnen-könnendes' Ding unter gewissen Umständen immer 'warm'. Ein Rangunterschied besteht zwischen den beiden immer beisammen seienden Eigenschaften nicht: warm ist das Ding, wenn es mit meinem Körper in Beziehung tritt, ausdehnen-könnend ist es für andere Dinge.

Im Sprachgebrauch des gewöhnlichen Lebens nennt man die Kollektiveigenschaften gern nach derjenigen Besondereigenschaft, die sich auf meinen Körper bezieht; man sagt allgemein: dieses Ding ist 'warm'. Die Tendenz gewisser Naturforscher geht seltsamerweise gerade im Gegenteil dahin, Eigenschaften, welche sich auf Dinge untereinander beziehen, für 'wirklicher' zu erklären.

Der 'Ton' ist ein weiteres gutes vorläufiges Beispiel für das Gesagte: diese Saite tönt; sie vibriert 'auch'; das erste 'höre', das zweite 'sehe' und 'fühle' ich. Es ist 'dasselbe', welches tönt und vibriert; ebenso wie oben 'dasselbe' wärmte und ausdehnte. Ich kann von der Saite auf die Luftteile zwischen ihr und meinem Körper die Betrachtung lenken: dann tönen diese Luftteile und sie vibrieren auch. Wäre

Digitized by Google

ich blind und gefühllos, so würden sie nur tönen; wäre ich taub, nur vibrieren. Gleich wirklich ist beides.

§ 20. Für die wissenschaftliche Bewältigung der Natur sind nun aber die temporären Eigenschaften der Dinge in dem bisher erörterten Sinne noch nicht auch nur vorläufig geeignet. Es kann uns das nicht wundernehmen; haben wir doch bisher manches in unserer Untersuchung noch ungeklärt gelassen, so namentlich die Frage, ob denn, trotz zuerkannter Gleichheit des Wirklichkeitsgrades, nicht doch zwischen Qualitäten, die sich auf 'meinen Körper', und solchen, die sich auf 'andere Dinge' beziehen, ein gewisser Unterschied bestehen möge, ja ob denn in jeder Hinsicht Eigenschaften nur gleichwertige Arten eines Genus seien.

'Wäre ich blind und gefühllos, so würde die Saite nur tönen; wäre ich taub, nur schwingen', so sagten wir. Knüpfen wir an diese Bemerkung einmal an:

Offenbar ist hier die gegebene Qualität in unmittelbare Abhängigkeit von Eigenschaften meines Körpers gesetzt: ja, ich weiß, daß, wenn ich meinen Sehnerv durchschneide, die von mir entfernt gedachte Saite nicht mehr im Sinn eines unmittelbaren Gegebenseins schwingt.

Nun können wir weiter im Sinn unserer vorigen Betrachtungen unbeanstandet sagen: 'Die Saite schwingt und tönt auch und ist auch rot und auch warm und auch ausdehnend und auch hart'.

Sind aber diese 'auch' alle gleichbedeutend?

Wenn ich voraussetze, daß mein Körper sich seit der Zeit, wo ich den Inhalt des eben hingeschriebenen Satzes als gegebene Wirklichkeit bewußt besaß, nicht geändert hat, so komme ich jetzt beispielsweise zu der Einsicht, daß die Saite zwar noch rot ist und auch warm und auch ausdehnend und auch hart, daß sie aber nicht mehr schwingt und auch nicht mehr tönt.

Ich bemerke bald, daß bei unveränderter Beschaffenheit meines Körpers Tönendes immer auch schwingt, daß Wärmeres immer [1]) auch ausgedehnter ist als Kälteres, daß aber z. B. zwischen dem Wärmer- oder dem Rot- und dem Tönendsein gar kein Beziehungsverhältnis besteht; ich finde ferner, daß Höhe des Tönens und Geschwindigkeit des Schwingens korrespondieren; endlich wird mir noch klar, daß 'Hartsein' immer dabei ist.

---

1) Vorbehaltlich negativer Ausdehnungskoeffizienten.

Digitized by Google

Nun lerne ich auf der andern Saite, daß bei Durchschneiden meiner Nervi optici das Rotsein und das Sehschwingen, bei Durchschneiden der Acustici das Tönen, bei Anästhesierung der Hand das Wärmersein und das Fühlschwingen aus dem Eigenschaftskomplex wegfallen.

Endlich wird mir noch kund, daß das Wärmersein auch einen andern Körper wärmer macht, daß das Tönen eine andere Saite zum Tönen bringt, daß die rote Saite grün wird bei Wechsel der Lichtart.

Was bedeutet nun dieser dreifache Erfahrungsgewinn?

§ 21. Ihren zweiten Bestandteil dürfen wir passend derart formulieren, daß wir sagen: sobald ich aus einer Eigenschaft den Begriff 'eines Dinges' mir einmal durch kategoriale Nötigung gewonnen habe, erscheinen dessen sämtliche andere 'Eigenschaften' an gewisse Beziehungen zu Teilen desjenigen Dinges, welches ich 'meinen Körper' nenne, geknüpft, und zwar ist es dabei ganz gleichgültig, welche Eigenschaftsart mich zuerst den Begriff des 'Dinges' schaffen ließ. Auf meinen Körper 'wirkt' also das 'Ding', wie es auch nach der dritten Erfahrungsreihe auf andere 'Dinge' wirkt oder von ihnen Wirkung empfängt.

So sind also in Strenge Zustände von Teilen meines Körpers, vom 'Ding' bewirkt, die eigentlichen Data für Schaffung des Wirklichen?

Ja und Nein. 'Ja' im Sinn unserer eben gepflogenen Betrachtung, welche aber schon das 'Ding' aus einer 'Eigenschaft' wenigstens geschaffen sein ließ[1]); 'nein' bezüglich der Gesamtheit der 'Eigenschaften' einschließlich dieser einen. Denn was ist das Ding ohne jede 'Eigenschaft'?

§ 22. Hier sind wir an wohlbekannten Grenzen der sogenannten 'Sinnesphysiologie' angelangt, an Grenzen, die leider zu oft skrupellos ins Blaue hinein überschritten werden.

Sinnesphysiologisch ist es nicht erlaubt, zu sagen: ein 'Ding' da wirke auf 'meinen Körper', und die Folge davon seien 'meine Empfindungen', das wäre klarste oder vielmehr unklarste Metaphysik: das 'Ding' schaffe ich vielmehr auf Grund mindestens einer, praktisch meist 'optischen', Empfindungart, und dann mag allerdings gesagt werden, daß ich auf Grund seiner Beziehungen zu 'meinem Körper' weitere Kenntnis von ihm erhalte.

---

1) Natürlich muß auch 'mein Körper' schon geschaffen sein. Ich verkenne nicht die Schwierigkeiten, welche dem strengen kritischen Idealismus gerade auf 'sinnesphysiologischem' Gebiete, diesem Tummelplatz unbewußter Metaphysik, entgegenstehen; sie müssen und sie können überwunden werden.

Digitized by Google

Doch liegt nähere Verfolgung des Sinnesphysiologischen uns hier fern, so sehr auch eine vollständige Durchführung des hier nur Angedeuteten ein Desiderat ist, und so einleuchtend es erscheint, daß die übliche 'Physiologie der Sinne', welche mit einem 'absoluten' auf 'mich' 'empfindungsauslösend' wirkenden 'Dinge' operiert, endlich einmal als ein kritisch überwundener Standpunkt gelten sollte.

§ 23. Wir kehren zurück zur Erörterung des Verbundenseins von Eigenschaften an 'demselben' 'Ding'.

Wenn wir das eigenschaftslose Ding, welches falsche, metaphysische Sinnesphysiologie voraussetzt, nicht in unserer vorurteilslosen Schematik brauchen können, so brauchen wir doch in ihr einen geklärten 'Ding'-Begriff überhaupt.

Er wird nun praktisch so ausgestattet, daß von den verschiedenen Eigenschaften, welche 'dasselbe' 'Ding' alle 'auch' besitzt, durchaus willkürlich diejenigen als besonders bedeutsam bezeichnet werden, welche überhaupt leicht festzustellen und welche meßbar sind[1]), ganz gleichgültig, ob das 'unmittelbare', d. h. sich irgendwie auf meinen Körper beziehende, oder 'mittelbare', d. h. sich auf andere Dinge beziehende Eigenschaften sind. Dabei kann natürlich, soweit Eigenschaften in Betracht kommen, welche in dem Sinn untrennbar sind, daß sie sich 'auf verschiedene Sinnesgebiete' beziehen, wie das Schwingen und das 'auch' Tönen, eine Eigenschaft als erschöpfend kennzeichnend gewählt werden, und zwar nimmt man hier wissenschaftlich, wie schon gesagt, die am leichtesten meßbare, also das Schwingen. Bezüglich des 'Warm-seins' beschränkt man sich aber zum Beispiel nicht auf eine Ausstattung des Dinges mit dem 'auch ausgedehnt sein', weil es nämlich negative Ausdehnungskoeffizienten gibt; man setzt hier vielmehr das 'Warm-sein' im strengsten Sinn überhaupt nicht als wissenschaftliche Eigenschaft, sondern an seine Stelle tritt das 'auch ausdehnen können', nämlich andere Dinge ausgedehnt machen, weil man solches mit dem Thermometer messen kann, und weil ein Ding, welches Quecksilber oder Gase mehr ausdehnt als ein anderes, stets 'auch' wärmer als dieses ist. Bezüglich des Farbig-seins bevorzugt man bekanntlich das 'auch spezifisch brechbares Licht aussenden', wenn man nicht gar auf Grund gewisser optischer Phänomene vorzieht, von 'Wellenlänge' zu reden, wobei man übrigens noch nicht an 'Äther' und ähnliche Metaphysika, sondern nur an

---

1) Hier kommen z. B. auch die durch Fechners Gesetz bedingten 'Täuschungen' in Betracht, welche als unmittelbare Wirklichkeiten natürlich keine 'Täuschungen' sind.

Digitized by Google

tatsächliche Unstetigkeiten zu denken braucht. Ja, bezüglich des 'auch elektrisch'-seins ist man nur auf die Statuierung einer Eigenschaft aus dem Wirken auf andere Dinge angewiesen[1]), und chemisch ist das in noch viel höherem Grade der Fall.

Obwohl also die Gleichwertigkeit der Wirklichkeit aller Eigenschaften anerkannt ist, kennzeichnet man doch das 'wissenschaftliche Ding' durch willkürlich nach praktischen Gesichtspunkten ausgewählte Eigenschaften, wobei die 'unmittelbaren', sich aus Beziehungen zu 'meinem Körper' ergebenden Eigenschaften zurücktreten gegen solche, die sich auf andere 'Dinge' beziehen.

Ein Gedankensymbol, geschaffen durch kategoriale Nötigung auf Grund qualitativer Data, ausgestattet nach bewußter Willkür, ist also das 'wissenschaftliche Ding': es ist im höheren Sinne, besser vielleicht in 'erweiterterem' Sinne wirklich als das Ding des praktischen Lebens. Es ist nichts 'Absolutes', es hat keine 'wirklichen' Eigenschaften im Gegensatz zu scheinbaren, keine 'primary' im Gegensatz zu 'secundary' qualities. Diese Worte gelten höchstens in Hinsicht des wissenschaftlich Praktischen. Die Physik hat leider gar zu oft Praxis mit Wirklichkeit engsten Sinnes verwechselt.

§ 24. Nun genügen aber noch nicht einmal die 'Eigenschaften' der Dinge in unserm abstrakt-geklärten, wissenschaftlich-praktischen Sinne zur Bewältigung des ganzen Wirklichen:

Wir sehen die 'Temporäreigenschaften' fortwährend wechseln, und um diesen Wechsel von Eigenschaften der Dinge überhaupt fassen zu können, müssen wir zunächst versuchen, ob sich nicht gewisse 'Eigenschaften' der 'Dinge' auffinden lassen, die von dem steten Wechsel doch nicht betroffen werden.

b. Die Schöpfung der 'Konstanten.'

§ 25. Es lassen sich nun solche Eigenschaften finden. Mit ihrer Aufstellung tut die wissenschaftliche Wirklichkeitsschöpfung ihren ersten fundamentalen Schritt, leistet sie ihre erste fundamentale Erweiterung des Wirklichen. Sie schafft den Begriff der konstanten Eigenschaft, kurz der 'Konstanten'.

Dieser Schritt kann naturschematisch gar nicht hoch genug bewertet werden. Alle weiteren Schritte, die wir noch tun werden, hängen von ihm ab.

1) Der 'elektrische Sinn' fehlt mir.

Digitized by Google

In der 'Konstanten' ist ein Inbegriff von Möglichkeiten als Wirklichkeit gesetzt.

Die 'Konstante' hat drei Wurzeln ihres Ursprungs: den Begriff der Ursachsart und die Begriffe des 'Körpers' und der Körpergleichförmigkeit, des 'Stoffes'.

Wir beginnen unsere Analyse mit der Betrachtung der beiden letzten dieser Begriffe:

§ 26. Die 'Dinge' werden 'Körper' genannt, wenn sie erstens dem Tasten oder Greifen Widerstand entgegensetzen, zweitens einander durch Bewegung Bewegung mitteilen, drittens, falls ihre Bewegung auf meinen Körper trifft, ihn 'drücken'[1]). Fast alle Dinge sind in diesem Sinne Körper. Die Raumerfüllung brauchte als Kriterium der Körperlichkeit nicht genannt zu werden, da sie dem Dingbegriff schon, als auf der zweiten Wirklichkeitsstufe gewonnen, anhaftete.

Daß fast alle Dinge Körper sind, erscheint als zufällig, und es ist wohl zu beachten, daß es auch Dinge, das heißt Ausgedehntes im Raume, geben könnte, die nicht Körper sind. Solche Dinge können etwa nur 'gesehen', aber nicht 'getastet' werden. Virtuelle Spiegelbilder sind solche körperlose Dinge, aber nicht nur sie, sondern auch das umgekehrte reelle Bild, das eine Flamme vor dem Hohlspiegel hervorruft; daß diese 'Dinge', welche keine 'Körper' sind, in der wissenschaftlichen Naturbewältigung keine weiter bedeutsame Rolle spielen, liegt nur daran, daß sich ihre Art der Veränderungsgesetzlichkeit sehr einfach hat überschauen und damit ein für allemal hat gleichsam erledigen lassen[2]); es möchte aber wohl auch 'körperlose Dinge' geben, bei denen das nicht anginge[3]).

Körperliche Dinge heißen stofflich, wenn nicht die Besonderheit ihrer Raumerfüllung, ihre 'Form', sondern jene Besonderheiten, welche 'Körper' von 'Dingen' überhaupt aussondern, nebst allem aus ihnen tatsächlich Folgenden hervorgehoben werden sollen; diese Besonderheiten brauchen nicht in gleicher Weise allen Teilen eines Körpers zu eignen, ein 'Körper' kann aus mehreren 'Stoffen' bestehen.

---

1) Für den hier vorliegenden Zweck genügt diese Definition; später wird sie anders gefaßt werden.

2) In dieser Weise ein für allemal 'erledigt' wird auch z. B. alles, was man 'Sinnestäuschung' nennt.

3) Es ist zu beachten, daß bei der Betrachtung von 'Dingen', mögen sie Körper sein oder nicht, immer auf der zweiten Stufe des Wirklichen verharrt wird. Körperlose Dinge also, mag es sie von den Spiegelbildern abgesehen geben oder nicht, haben begrifflich nichts mit körperlosen Wirklichkeiten dritter Stufe, mit Konstanten, Kräften, Strahlen, Potenzen, zu tun.

Digitized by Google

Es sei für die Zukunft ausdrücklich bemerkt, daß in diesem Buche die Begriffe 'stofflich', 'massig', 'materiell' absichtlich in gleicher Bedeutung angewendet werden sollen, falls nicht ausdrücklich etwas anderes in dieser Beziehung bemerkt ist.

Überhaupt ist alles soeben Ausgeführte in gewissem Sinne konventionell. Da hier weder eine Erkenntnistheorie noch eine Logik, sondern eine Naturschematik geschrieben wird, kann es nicht eingehender behandelt werden.

§ 27. An den Begriff des 'Stoffes' knüpft nun die einfachste Form des Konstantenbegriffs an; sie geht, wie schon gesagt, anderseits aus vom Begriffe der Ursachsart, und zwar zieht sie praktisch vor allem die Fähigkeit eines Stoffes, von Ursachen verändert zu werden, in Betracht, weniger diejenige, selbst als Ursache zu verändern.

Der Stoff A kann warm werden, kann farbig werden, kann elektrisch werden; alles unter bestimmten Bedingungen in spezifischer, d. h. nicht nur von den Bedingungen abhängiger Quantität; die Wärme kann sich in ihm mit bestimmter Geschwindigkeit fortpflanzen usw. Vor allem kann er, wenn ihn ein bekannter, sich in bekannter Weise bewegender Körper trifft, in bestimmter Kennzeichnung selbst bewegt werden und hat unter bestimmten Bedingungen ein bestimmtes Volumen, ein bestimmtes Gewicht.

Es ist klar, daß man ihn ganz ebenso kennzeichnen könnte durch alle Wirkungen, die er seinerseits auf einen bekannten andern Körper ausüben könnte, und es ist prinzipiell wohl im Auge zu behalten, daß die Konstanten die Gesamtheit der möglichen spezifischen Rolle eines Stoffes im Veränderungsgetriebe der Natur, nach vorwärts und nach rückwärts, quantitativ und qualitativ vollständig, kennzeichnen sollen.

So sind denn also z. B. für den Stoff A, im Gegensatz zu seinen temporären Eigenschaften, als 'Konstanten' seine 'spezifische Wärme', 'Absorptionsfähigkeit', elektrische und thermische Leitungsfähigkeit, seine spezifische Masse (Dichte) usw. geschaffen worden.

§ 28. Wir wollen Konstanten der eben namhaft gemachten Art als physikalische Konstanten erster Art bezeichnen.

Sie beziehen sich auf 'physikalisches', und zwar auf 'homogenes' Geschehen, d. h. der verursachende und der beeinflußte Körper kommen immer in Hinsicht der gleichen temporären Eigenschaftskategorie in Betracht.

Digitized by Google

Sie machen Aussagen über Quantitatives, z. B. darüber, um wieviel wärmer ein gewisses Stoffquantum A dadurch wird, daß ein gewisses Stoffquantum B sich um ein Bestimmtes abkühlt, und so fort.

Die allgemeinste Aussage über die Quantitätsverhältnisse, der sich alle Eigenschaftsübergänge fügen, wird freilich erst später von uns erörtert werden; die Konstanten spielen eine wesentliche Rolle im Bereich dieser Aussage[1]).

Bei 'heterogenem' Geschehen, d. h. wenn eine temporäre Eigenschaft an einem Ding eine andere temporäre Eigenschaft an einem andern zur Folge hat, gelten andere Konstanten, die physikalischen Konstanten zweiter Art; sie sagen vornehmlich über die Qualität der Eigenschaftsveränderung aus, sind also beziehenden Charakters; das Quantitative dabei regelt sich zum Teil auf Grund der Konstanten erster Art und auf Grund jener erwähnten sehr allgemeinen Aussage, zum Teil ist es in der durch die Konstante zweiter Art gemachten Aussage in Form eines Äquivalenzwertes mit enthalten.

Nun können Dinge, genauer gesagt einfache Körper oder Stoffe, nicht nur ihre temporären, sondern auch alle oder viele ihrer konstanten Eigenschaften ändern; man spricht dann von aggregativen und von chemischen Änderungen. Für sie gelten wieder neue qualitative Konstanten noch höherer Art: aus bekannten Gründen werden sie im Chemischen passend Affinitätskonstanten genannt; die Beziehung von Spezifischem auf Spezifisches ist ihnen eigentümlich.

Doch soll in dieser begriffsanalytischen Erörterung noch nicht näher auf diese Dinge eingegangen werden.

Die Konstanten setzen Möglichkeiten als Wirkliches, so sagten wir, und unsere Darlegung wird wohl gezeigt haben, daß wir berechtigt waren, so zu sagen: in den Konstanten wird in der Tat über einen großen Bereich des möglichen Geschehens eine Aussage gemacht; der Inbegriff dieser Möglichkeiten aber wird an einen bestimmten Ort des Raumes verlegt und wird eben dadurch in erweitertem Sinne zur Wirklichkeit: aus dem 'esse = percipi' ist ein 'esse = concipi' geworden.

---

1) Diese Aussage ist der erste Energiesatz.

Digitized by Google

c. Die Schöpfung des 'Strahles' und der 'Kraft'.

§ 29. Wir werden eine andere Erweiterung des Wirklichen durch Mögliches kennen lernen, wenn wir nun daran gehen, die Arten des Eigenschaftsüberganges näher zu betrachten.

Hier waltet ganz allein die Kategorie der Kausalität, der Begriff der notwendigen Verknüpfung, über den selbst Tieferes erst später beigebracht werden kann.

Eins aber muß jetzt schon bemerkt sein, was bisher stillschweigend vorausgesetzt wurde, daß nämlich Kausalität sich stets auf 'Dinge' der erweiterten Wirklichkeit, nicht aber auf das unmittelbar Gegebene bezieht, wenigstens Kausalität der eigentlich wissenschaftsfähigen Form. In gewissem Sinne zwar ist die Kausalitätskategorie wohl schon bei Schaffung der erweiterten Wirklichkeit aus der unmittelbaren beteiligt.

§ 30. Zwei große Klassen der Eigenschaftsübertragung scheinen auf den ersten Blick klar zu bestehen: die Übertragung durch Berührung und durch die Ferne.

Beim Stoß, bei der Wärme- und Elektrizitätsabgabe durch Leitung, beim Chemischen und wohl sonst noch tritt die Übertragung 'durch Berührung' auf; von einem höheren Standpunkt aus kann es dabei gleichgültig sein, ob es sich um homogenes oder um heterogenes Geschehen, z. B. um Erwärmung durch Reibung, handelt.

Wir mögen uns hier einstweilen bei dem Gedanken beruhigen, daß der übertragende und empfangende Körper gleichsam in der Berührung einer sind: jedenfalls, und das geht hier uns vorwiegend an, scheint kein Bedürfnis nach Erweiterung des Wirklichen für diesen Zweck vorzuliegen.

Anders bei der Übertragung in die Ferne: man kennt hier eine Art der Wirkung, welche 'keine Zeit braucht': die Gravitation. Fernwirkungen (Zusatz 6), welche nachweislich Zeit brauchen, wie die Belichtung, die Fernerwärmung, die Fernelektrisierung, auch die elektrische Anziehung, nennt man Fernwirkungen durch Strahlung.

Viele sind nun geneigt, bei der Strahlung eine sogenannte 'Vermittlung' der Wirkung für geradezu erwiesen, sie bei der Gravitation für notwendig hypothetisch anzunehmen zu halten.

Was aber soll unter so einer 'Vermittlung' verstanden werden? Die Tagesmeinung denkt sich zwischen dem abgebenden und dem empfangenden Körper eine ungeheure Menge anderer 'Körper', das heißt ausgedehnter und irgendwie stofflicher Gebilde, eingeschaltet,

Digitized by Google

deren jeder für einen Moment Träger der übertragenen Eigenschaft ist; so wird scheinbar die Fernwirkung in Nahwirkungen aufgelöst.

Wir wollen hier nicht auf die oft hervorgehobene Bemerkung eingehen, daß diese angebliche Auflösung in Nahwirkungen eine Täuschung ist, wie wir denn, wenigstens an dieser Stelle, überhaupt nicht auf die Antinomien, die im Begriff der Nahwirkung, der angeblichen Berührung liegen, eingehen wollen, weil dafür bald ein besserer Ort ist.

Wir wollen uns lieber ganz unvoreingenommen fragen: ist denn diese körperliche Vermittlung bei der Fernwirkung eine wirklich im tieferen Sinne notwendige Annahme?

§ 31. Und als Antwort setzen wir unsere Auffassung der Sache her: 'Wirkt' ein Körper 'in die Ferne', so besteht unser wahres Wissen darin, daß wir mit Bestimmtheit aussagen können, es sei der Raum um ihn herum in nach bestimmtem Gesetz abnehmender Intensität erfüllt mit der 'Fähigkeit Eigenschaft zu übertragen', also leuchtend, oder warm, oder elektrisch zu machen, oder Bewegung hervorzurufen.

Nennen wir eine von dem 'wirkenden' Körper ausgehende Linie in diesem Raum einen 'Strahl', so ist dieser Strahl definierbar als geometrischer Ort für mögliche Eigenschaften bestimmter Art.

Gesetzt, wir sind in einem ganz dunkeln Zimmer; durch ein kleines Loch der Wand fällt ein Lichtstrahl, aber nicht in unser Auge; auch sei die Luft durchaus staubfrei. Wir sehen dann gar nichts. Trotzdem 'wissen' wir, daß da etwas 'ist' in dem Zimmer: ein Strahl, eine bestimmte Linie ist da, die anders ist als andere Linien. Sie ist nämlich von der Art, daß wir wissen, es werde jeder beliebige Körper, in sie hineingebracht, leuchtend werden.

Wohl also 'ist' da etwas zwischen dem eigenschaftsabgebenden und dem empfangenden Körper; das, was da 'ist', mag sich sogar stets in meßbarer Zeit fortpflanzen, auch wenn man hier, wie bei der Gravitation, bisher noch nicht hat messen können, wie denn eine zeitliche Verschiedenheit zwischen 'Ursache' und 'Wirkung' wohl eine mit dem Kausalbegriff zusammenhängende Denknotwendigkeit ist (Zusatz 7). Aber was da 'ist', ist kein Körper, sondern ist wieder ein Inbegriff von Möglichem, ist eine neue Erweiterung der Wirklichkeit.

Digitized by Google

Der Strahl tritt so neben die Konstante als zweites Fundamentalelement der wissenschaftlichen Wirklichkeitserweiterung.

§ 32. Wo es sich um Gravitation und insbesondere um das Fallen handelt, aber auch bei magnetischer und elektrischer Anziehung, ist es besser, von Kraftstrahl anstatt nur von Strahl zu reden, und der Ausdruck Kraft spielt ja auch bei andern sogenannten 'mechanischen' Wirkungen, z. B. bei elastischen Körpern und ihren Formausgleichen, eine Rolle.

Es ist neuerdings Mode geworden, den Begriff der Kraft möglichst zu vermeiden, ihn höchstens als mathematischen Ausdruck, nämlich jeweils als Produkt von 'Masse' und 'Beschleunigung', gelten zu lassen. Man sagt, die Kraft 'sei' doch nicht, sie besage nur, daß hier, an diesem bestimmten Ort, ein Körper von der Masse m_1 die Beschleunigung v_1 erhalten würde, einer von der Masse m_2 die Beschleunigung v_2 und so fort, wobei die Gleichung $m_1 v_1 = m_2 v_2 = \ldots . MV$ zu Recht bestünde.

Ich frage: ist denn da an diesem Orte wirklich 'nichts'? Rechnen wir nicht vielmehr praktisch sehr wohl damit, daß da etwas, und zwar etwas nach der genau bekannten Gleichung $mv = \text{Konst.}$ Bestimmtes ist? Höfler hat jüngst den Kraftbegriff in meines Erachtens durchaus einwandfreier Weise sehr eingehend verteidigt: er weist unter anderm darauf hin, wie ganz unmittelbar er sogar bisweilen durch den 'gefühlten' Zug gegeben sei, im Gegensatz zur 'Energie'. Planck hatte sich früher ganz entsprechend geäußert[1]).

Doch davon abgesehen: Soweit in die Ferne geschehende mechanische Effekte in Frage kommen, 'ist' jedenfalls Kraft als meßbare Naturgröße ebenso an ihrem Ort wie der Strahl und wie die Konstante; von ersterem ist sie als Kraftfolge oder 'Kraftstrahl' nur gleichsam eine Abart: 'Kraftstrahl' ist das Antrieb geben Könnende, quantitativ bestimmt und als 'geometrischer Ort' lokalisiert.

Auf den mit dem Kraftbegriff in Beziehung stehenden Begriff der 'potentiellen Energie' einzugehen, ist hier, wo nur von den nächstliegenden Erweiterungsgebilden der wissenschaftlichen Wirklichkeit geredet wird, noch nicht der Ort.

---

1) Höfler, Studien zur gegenwärtigen Philosophie der Mechanik. Leipzig 1900, p. 27—40. Planck, Das Prinzip der Erhaltung der Energie. Leipzig 1887, p. 150.

Digitized by Google

d. Das Problem der Substanz.

§ 33. Nachdem wir zum Zweck der Wissenschaftsbetätigung das Bereich des Wirklichen an zwei Stellen fundamental erweitert, und die Begriffe der Konstanten, sowie des Strahles und der Kraft geschaffen haben, so daß in präzisierbarer Form die Kausalitätskategorie ans Werk gehen kann, müssen wir uns noch einer Frage zuwenden, die an den Begriff der Konstanten anknüpft.

Die Kategorie der Substanz hat uns bisher zwangsmäßig durch den Begriff 'Dasselbe' das 'Ding' geschaffen, und dadurch war Kausalität überhaupt erst anwendbar geworden. Das 'Ding' war zunächst mit wissenschaftlich brauchbaren temporären Eigenschaften in bewußter Willkür ausgestattet worden, darauf ward zu konstanten Eigenschaften fortgeschritten.

Was ist denn nun durch Schaffung des Begriffs der Konstanten vom 'Ding' übriggeblieben? Wer 'hat' denn die Konstanten? Hat diese Frage überhaupt Sinn?

Auf der höchsten wissenschaftlichen Stufe des Wirklichen 'gegeben' ist zunächst nur ein Beieinander der Konstanten.

Wie für eine frühere Stufe ein Körper rot und auch warm und auch ausdehnend, eine Saite gelb und auch elektrisch und auch vibrierend und auch tönend war, so hat jetzt eine Stoffart die spezifische Wärme c und auch das Wärmeleitungsvermögen k und auch das Absorptionsvermögen l und auch gewisse Affinitätskonstanten und so fort.

Während aber auf jener früheren Stufe, die nur Temporäreigenschaften kannte, empirisch untrennbar nur das Warm- und das Ausdehnendsein, aber nicht zugleich das Rotsein, nur das Vibrierend- und Tönendsein, aber nicht zugleich das Elektrisch- und das Gelbsein waren, kurz während hier empirische Untrennbarkeit nach Maßgabe des Verhältnisses zu den verschiedenen 'Sinnen' bestimmt wurde, so ist jetzt empirisch untrennbar ein großer Komplex von (konstanten) Eigenschaften der verschiedensten Art ohne Rücksicht auf 'Sinnesgebiete'.

§ 34. Da die einzigen unmittelbaren Wirkungen, welche wir mit unserm Körper ausüben können, Druck und Zug sind, und da diese beiden Veränderungsarten mit der Massen-Konstante in Beziehung stehen, hat man sich gewöhnt, die spezifische Masse oder allgemein: die 'Materie' als dasjenige anzusehen, was die übrigen Konstanten als

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Eigenschaften permanenter Art 'hat', also als das eigentliche 'Ding', die eigentliche 'Substanz'.

Das Bedenkliche dieser Anschauungsweise war aber klar und hat nun wieder als Gegensatz zur Folge gehabt, daß manche, vor allem neuere Forscher, ebenso wie sie z. B. die 'Kraft' glaubten zu einer bloßen Formel degradieren zu können, so auch den Dingbegriff abschafften und meinten, bei der Aussage stehen bleiben zu können, das stete Beieinander gewisser Konstanten ('Energiefaktoren') sei eben eine hinzunehmende und nicht weiter diskutable Tatsache.

Die im Kategorialen liegende zwangsmäßige Nötigung des Intellekts läßt sich aber nicht wegräsonieren, und so ist den hier gemeinten Forschern denn auch die Substanzkategorie an anderer Stelle, nämlich bei der 'Energie', wieder gleichsam untergeschlüpft; wir hoffen später zeigen zu können, daß diese Wendung nicht sachentsprechend war.

Wo also gelangt die Substanzkategorie passend zur Anwendung? Das ist die letzte Frage unserer Schematik.

Wir müssen zur Entscheidung dieser Frage uns alles vergegenwärtigen, was wir über wissenschaftliche Wirklichkeiten ausgemacht haben: auf höchster wissenschaftlicher Stufe wirklich sind nicht nur Konstanten, sondern auch Strahlen und Kräfte als spezifisch gekennzeichnete Raumteile ('geometrische Örter'). Dazu kommen von der vorhergehenden, der 'mittleren' Stufe, die temporären Eigenschaften als Wirklichkeiten, am besten in wissenschaftlich zugerichteter Form.

Von letzteren geht im Grunde alles aus, Konstanten, Kräfte und Strahlen waren nur zur geistigen Bewältigung der Gesetzlichkeitsverhältnisse derselben geschaffen.

§ 35. Es erscheint nun, und in dieser Hinsicht gestehen auch wir der Masse eine Vorzugsstellung zu, die Massen- oder Stoffnatur nicht nur als besonders wichtiger Bestandteil der Konstanten, sondern auch der temporären Eigenschaften. So scheint sie auf den ersten Blick denn auch von diesem erweiterten Gesichtspunkt aus zum eigentlichen Areal der Betätigung der Substanzkategorie recht geeignet: die 'Masse', der 'Stoff' 'hat' temporäre und konstante Eigenschaften.

Denken wir nun aber einmal daran, daß in letzter Linie alle 'Eigenschaften' der Dinge aus ihrem Wirken gewonnen wurden; wenigstens wurden sie allgemein aus ihrer Rolle im Kausalgetriebe gewonnen, mochte das jeweils betrachtete 'Ding' dabei aktiv oder passiv sein.

Digitized by Google

Also als 'Wirken-Könnendes' oder als 'Bewirktes' 'sind' im Grunde alle 'Eigenschaften'.

Unschwer zeigt sich nun, daß auch von den Eigenschaften der 'Masse', sei sie temporär, oder sei sie als 'spezifische Masse' konstant gefaßt, dasselbe gilt; was 'Masse haben' heißt, ergibt sich durch wirklichkeitserweiternde Betrachtung aus unserer Definition des 'Körpers' (pag. 14): das 'einen Raum einnehmen' gehört überhaupt zur Definition des Dinges; 'mechanisch' ist 'Masse' das, was durch Körper bewegt werden und Körper bewegen kann und was dem Eindringen eines Körpers in den behaupteten Raum Widerstand entgegensetzt; 'physikalisch' kommt das 'Schwersein' dazu (Zusatz 8).

Also auch 'Masse haben' heißt 'wirken können', nichts weiter. Kant hat das bereits klar eingesehen. Wir würden, hätten wir näher auf den Gegenstand einzugehen, nur in Einzelheiten[1]) von ihm abzuweichen haben (Zusatz 9).

§ 36. Gehen wir nun weiter, zu einer vertieften Analyse des Wirkenkönnens überhaupt, so müssen wir uns zunächst unserer Trennung in Berührungswirken und Fernwirken wieder erinnern. Wir nannten das Berührungswirken das scheinbar einfachere, mochte es sich dabei um rein 'mechanisches' Geschehen oder um Eigenschaftsübertragung beliebiger Art durch Berührung handeln.

Aber was heißt 'Berührung' anders, als bis zum 'Widerstand' einander nahekommen? Also auch hier wieder das 'Wirkenkönnen'.

Wir können hier auf die mathematischen Schwierigkeiten des Berührungsbegriffs als solchen nicht tiefer eingehen und verweisen daher z. B. auf Paul du Bois-Reymond[2]). Es genügt uns, zu betonen, daß auch Berührung und alle Eigenschaftsübertragung, die irgendwie mit ihr zusammenhängt, also alle 'Leitung', zuletzt auf ein Wirken in die Ferne hinausführt, mag es auch nur eine 'kleine Ferne' sein.

Durch diese Betrachtung ist nun aber das 'Ding' mit seinen 'Eigenschaften' oder, wenn man lieber will, als Gesamtheit derselben aufgelöst, und zwar dynamisch aufgelöst: es ist 'Ding', zumal 'Massen-Ding' nur, weil seine Teile in bestimmten Wirkungsbeziehungen zueinander stehen.

§ 37. Was bleibt nach allem jetzt Gesagten vom 'Substanzbegriff' übrig?

---

1) Abgesehen allerdings von seiner Hinneigung zu einer fiktiv-mechanischen Physik (Metaph. Anfangsgr. Ausg. Kirchmann 1872, p. 185).

2) Allgemeine Funktionentheorie. Tübingen 1882.

Digitized by Google

Übrig bleibt zunächst einmal das 'Beieinander' von temporären und zumal von konstanten Eigenschaften, mag es auch nicht verstanden und nicht verstehbar sein.

Übrig bleibt ferner die Reduktion dieses Beieinander von 'Eigenschaften' zu einem Beieinander von 'Wirkungsfähigkeiten' in jeder Beziehung; die Trennung des Wirkenkönnens in die Nähe und in die Ferne hat aufgehört, prinzipielle Bedeutung zu besitzen.

Aber bleibt, wenigstens auf unserer dritten wissenschaftlichen Stufe, von einer Bedeutsamkeit des Substanzbegriffes irgend etwas übrig? Mir scheint in mehr als konventionellem Sinne, wo denn Substanz und Masse gleichbedeutend wären, schwerlich.

Konsequent weiter gedacht führt dafür aber unsere Betrachtung zu einer dynamischen Atomistik; Boscovich und Kant haben sie angebahnt.

Aber zu einer qualitativen dynamischen Atomistik sind wir in unserer Schritt für Schritt das Gegebene erweiternden Naturschematik geführt worden; eine quantitative Atomistik würde uns als unerlaubter Schritt erscheinen, selbst wenn sie feiner als die übliche Billardkugel-Atomtheorie ausgedacht wäre.

Auch ist wohl zu betonen, daß unsere Atomistik nur aus dem letzten Denken über den Begriff des Dinges resultieren würde, und daß sie vermeidbar bleibt und gar nicht in Frage kommt, wenn dieses Denken unterlassen und etwa nur das Aufeinanderwirken gegebener Stoffquanten in Betracht gezogen wird.

Freilich ist z. B. in allem Chemischen und Aggregativen dieses letzte Reflektieren wohl unvermeidlich, und so wollen wir denn zu kurzer Skizzierung eines letzten Abschnitts unseres Begriffsschemas übergehen, den überschlagen mag, wer sich bei der konventionellen Anwendung des Substanzbegriffs beruhigen zu können glaubt. Dieser letzte Abschnitt unseres Schemas ist mehr noch als seine übrigen Teile nur ein kurzes, ein ganz kurzes Programm: des logischen Abschlusses unseres Weltbildes wegen haben wir uns entschlossen, dieses Programm trotz vieler Schwierigkeiten[1]), die es im einzelnen birgt, mitzuteilen.

---

1) Es tritt unter anderm auch in ihm das Problem der 'Grenze' auf, so z. B. beim Stoß. Im übrigen aber entlastet der völlige Verzicht auf Anschaulichkeit unser höchstes Schema von vielen Scheinproblemen.

Digitized by Google

4. Ausblick auf eine vierte letzte Stufe der Wirklichkeit: Qualitative Atomistik.

§ 38. Qualitative Kräfte und qualitative Strahlen 'sind' für die höchste wissenschaftliche Wirklichkeit die Äußerungen aller 'Konstanten', mit Einschluß der Massennatur.

Kräfte und Strahlen haben Ausgangsörter. Diese Ausgangsörter sind für die Betrachtung, welche vor den letzten Analysen stehen bleibt, bestimmte Raumtheile, die 'Körper'; für die auf das Letzte, auf die Körperlichkeit selbst, reflektierende Betrachtung sind die Ausgangsörter Raumpunkte im geometrisch-strengen Sinne.

Für diese Raumörter gilt das oft betonte scheinbare Paradoxon, daß die 'Kraft' gerade dort nicht 'wirkt', wo sie 'sitzt', und dort nicht 'sitzt', wo sie 'wirkt'. Das scheinbare Paradoxon liegt nur in Schwächen des Ausdrucks, der Sachverhalt ist klar.

Die Ausgangspunkte von Kräften (und Strahlen) können gleichermaßen und gleichzeitig der Ausgang für Kräfte (und Strahlen) der verschiedensten Art sein. Wie der 'Körper', das 'Ding' warm und auch fest und auch elektrisch, und zwar in quantitativer Bestimmtheit ist, so geht eben von einem und demselben Raumpunkte Wärmekraft und elektrische Kraft und Widerstandskraft nach bestimmtem quantitativen Gesetz aus; ja jedem die Erscheinung der 'Kohäsion' zeigenden Körper sind schon deshalb allein zwei verschiedene eigentliche Materien-'Kräfte', nämlich Widerstands- und Zusammenhangskraft, eigen, beide auf verschiedene Entfernungen sich betätigend.

§ 39. Wollen wir größere terminologische Klarheit schaffen, so können wir wohl in sehr allgemeinem und unbestimmtem, aber gerade darum hier wohl passendem Sinne für dasjenige, was die 'Körper' oder bei weitergehender Analyse die 'Raumpunkte' in erweitert wirklicher Hinsicht kausalbezüglich kennzeichnet, das Wort 'Potenz' einführen und ihnen also qualitative Potenzen in Hinsicht ihrer Rolle im Geschehensgetriebe zuschreiben, und zwar naturgemäß jeweils viele qualitativ verschiedene Potenzen zugleich. Als Folge dieser Potenzen ergeben sich dann die im strengsten Sinn ebenfalls nur Möglichkeiten bedeutenden 'Strahlen' und 'Kräfte'. Auch das Wort 'Agens' wäre an Stelle von Potenz brauchbar.

Die 'Potenz', 'Masse' zu sein, kommt tatsächlich, nicht aber notwendig fast allen Dingen oder, bei Erweiterung des Wirklichen, allen dinglichen Raumagens-Punkten zu; möglich sind auch 'Dinge'

Digitized by Google

oder dingliche Raumpunkte ohne Masse. Es ist interessant, daß die fiktive Strahlenphysik im 'Elektron' so etwas wie einen massenlosen Wirklichkeitspunkt erfunden hat; in der Tat wären, wenn wirklich die Lehre von der Radioaktivität und Verwandtes außer bloßer 'Strahlung' im strengen Sinne, 'fiktiv' als 'Schwingung' gedacht, noch Übertragung 'dinglicher' Faktoren braucht, für unsern kritischen fiktionsfreien Standpunkt keine Bedenken gegen Zulassung massenloser Dingpunkte im Sinn erweiterter Wirklichkeit zu finden (Zusatz 10); freilich brauchte damit noch nicht 'die Elektrizität' ganz allgemein 'verdinglicht' zu werden, wozu Neigung vorhanden ist.

§ 40. Es ist klar, daß erst bei der Reflexion auf mit' Potenzen' ausgestattete Punkte die Konstanten ihre letzte und tiefste Bedeutung erhalten: sie werden zu gleichzeitig als Qualitäten und als Zahlenangaben definierten Kennzeichnungen der 'Potenzen' und damit zugleich zu qualitativen und zahlenmäßigen Aussagen über jede Art von Eigenschaftsübertragung, über jede Art von 'Wirken', das irgendwie möglich ist.

Daß alle Raumagens-Punkte durch 'Zwischenräume' getrennt sind, ergibt sich ohne weiteres aus der Natur des 'Stofflichen', des 'Ausgedehnten', 'Ausdehnbaren'.

Es sagen nun die Konstanten teilweise geradezu über jene 'Zwischenräume' Quantitatives aus. Daher sind sie so oft den eigentlich 'materiellen' Konstanten, der spezifischen Dichte und der 'Zusammensetzung', irgendwie proportional (Stöchiometrie), mögen sie 'additiv' oder 'konstitutiv' sein. Hier ist der Ort, wo eine künftige fiktionsfreie Physik jene Unstetigkeiten von der Größenordnung 10^{-8}, die zum Begriff des physikalischen 'Moleküls' geführt haben, sachgemäß zu verwerten haben wird (Zusatz 11).

§ 41. Daß wir uns chemische Zusammensetzung nicht nach Art der. üblichen rohen 'Atomtheorie' denken, ist nach allem klar. Soll hier bis ans Ende der möglichen Wirklichkeitserweiterung durch Begriffsanalyse gegangen werden, so sind die 'Kraftzentra', die 'Potenzpunkte' von 'Verbindungen' ebenso einheitlich wie diejenigen der 'Elemente' zu denken, und es darf nicht paradox erscheinen zu sagen, daß etwa bei H_2SO_4 die beiden H und das S und die vier O alle gleichermaßen an 'demselben' Punkte, nicht aber 'nebeneinander' 'sind'.

Freilich hat dieser Ausspruch in Strenge nur in bezug auf die 'Massenpotenz' und das wenige übrige 'Additive' einen Sinn, und in

Digitized by Google

bezug auf die meisten 'Potenzen' 'ist' dort, wo H_2SO_4 ist, überhaupt weder *H* noch *O* noch *S*, sondern eben (H_2SO_4) (Zusatz 12).

So kann denn chemisches Geschehen im Sinn erweitertster Naturwirklichkeit wohl kurz zusammenfassend dahin gekennzeichnet werden, daß sich durch Qualitätenkombinationen charakterisierte Potenzpunkte hier trennen oder vereinigen; die Potenzen selbst sind als intensive Mannigfaltigkeiten gedacht; ihre Qualitäten sind gegeben; deren Quantitäten wechseln, wie empirisch festzustellen, je nach Trennung oder Vereinigung.

Die folgerichtig zur letzten Erweiterung des Wirklichen fortgedachte Naturschematik führt unweigerlich zu diesem Punkt, der letzten Folge des qualitativen dynamischen Atomismus.

§ 42. Man könnte diesen unsern Atomismus gewissermaßen als vierte und letzte Stufe des Wirklichen der nur mit Konstanten und Fernkräften operierenden dritten gegenüber bezeichnen. Wer will, mag, wie schon gesagt, auf der dritten Stufe stehen bleiben. Wir bleiben auf unserer höchsten Stufe stehen; einen noch weiteren Schritt, wie ihn die fiktive Physik tut, verwerfen wir als in einer natürlichen Begriffsentwicklung nicht gegeben: uns bleibt das Qualitative bestehen, der Wärmestrahl ein Wärmestrahl, Elektrizität Elektrizität, das Rote rot. 'Qualitätslose Materie' muß uns, wie aus diesem ganzen Abschnitt hervorgeht, eine Contradictio in adjecto sein. Übrigens zeigt auch die Praxis der fiktiven Physik, daß jener Begriff nur eine Selbsttäuschung ist; denn alle abgeschafften Qualitäten werden bekanntlich nachträglich von dieser Wissenschaft unter dem Titel spezifischer 'Fernkräfte' wieder eingeführt.

Die Substanzkategorie aber findet ihre zwangsmäßige Betätigung auf unserer höchsten Stufe des Wirklichen in Anwendung auf die mit qualitativen Kräften in untrennbarer, wenn schon unverstandener und 'hinzunehmender' Vereinigung begabten Potenzpunkte. Sie sind die 'Dinge' dieser höchsten Stufe erweiterter Wirklichkeit.

Es sei ganz besonders scharf hervorgehoben, daß hier nur über letzte Anwendbarkeit des Substanzbegriffes, nicht aber in irgendwelcher Form von Verhältnissen zwischen Substanzen, also etwa von 'Substanzgesetzen', gehandelt worden ist.

5. Rückblick.

§ 43. Werfen wir einen kurzen Rückblick auf den zurückgelegten Weg:

Digitized by Google

Von der Festlegung des Begriffes 'es ist' gingen wir aus. Unmittelbar 'sind' für den sich seiner Erlebnisse bewußt werdenden — nicht für den naiven — Verstand qualitativ verschiedene Data, die teilweise einen Ort auf einer Fläche einnehmen.

Das zwangsmäßige Anwenden der räumlich-zeitlichen Kategorialform verbunden mit dem Sicherinnern, dem Bewußtsein des Wollenkönnens und der Substanzkategorie macht aus den Daten 'Dinge' und läßt neben den unmittelbar gegebenen Daten den Begriff des Datums oder Dinges im Totalraum und in der Totalzeit als Erweiterung des Wirklichen zu.

Von hier aus scheiden sich praktisches Leben und Wissenschaft, wir verfolgen nur letztere.

Das Ding wird nicht nur durch die eigentlich gegebenen temporären Eigenschaften, sondern auch durch sein Wirkenkönnen gekennzeichnet; so wird die temporäre Eigenschaft höheren Sinnes überhaupt das Wirkenkönnen in qualitativ verschiedenen Formen; die Kausalitätskategorie ist hier am Werk.

Zur Bewältigung der gesetzlichen Veränderungen der temporären Eigenschaften in diesem Sinne wird der Begriff der konstanten Eigenschaft, der 'Konstanten', konstruiert. Die Arten der Konstanten ergeben sich folgerichtig aus einer Analyse der Arten des Wirkenkönnens.

Andererseits ergibt ein Durchdenken des Wirkenkönnens die Begriffe der Berührungs- und der Fernwirkung; sie sind zunächst provisorisch.

Analyse der Fernwirkung ergibt die Begriffe des 'Strahles' und 'Kraftstrahles' als Erweiterungen des Wirklichen. Beide kennzeichnen in spezifischer Weise Raumörter ('Geometrische Örter') durch das an ihnen Mögliche; selbstredend sind diese Örter, also auch die Strahlen und Kräfte, quantitativ und qualitativ gekennzeichnet.

Eine neue vertiefte Analyse der Anwendung des Substanzbegriffs folgt; die 'Masse' tritt als bedeutsam unter temporären und konstanten Eigenschaften hervor. Aber schon Kant hat die Masse oder 'Materie' 'dynamisch' aufgelöst. Eine dynamische Auflösung der Masse ergibt zugleich eine Auflösung der Berührungswirkungen in Fernwirkungen.

Will man hier in der Schöpfung von Wirklichkeiten stehen bleiben, so sind 'Substanz', sind 'Dinge' räumlich gesonderte, unverstanden untrennbar vereinte Konstantenkombinationen, d. h. aber Kombinationen qualitativ verschiedener Wirkungsfähigkeiten.

Geht man weiter und reflektiert tiefer über den Begriff der Masse, so ergibt sich als Letztes ein qualitativer dynamischer Atomismus,

Digitized by Google

d. h. die 'Dinge', die 'Substanzen' sind Punkte im Raum, durch Zwischenräume getrennt und durch von ihnen ausgehende, qualitativ verschiedene Kraft- und Strahlenkombinationen gekennzeichnet.

Ein korpuskularer Atomismus, insbesondere im Chemischen ein Bestehen der Atome nebeneinander, wird verworfen, verworfen wird auch jede Ableugnung der Qualität (Zusatz 13).

§ 44. In dieser anorganischen Naturschematik ist ohne jede Hypothese, lediglich begriffsanalytisch verfahren worden. Von dem unmittelbar Gegebenen wurde ausgegangen, und bewußtermaßen wurde auf dieses Gegebene alles das angewendet, was in unserm naturrezipierenden Geiste zur zwangsmäßigen Anwendung bereit liegt.

Es wurde nicht eigentlich in systematischer Form Erkenntnistheorie getrieben (Zusatz 14), und auch sogenannte 'sinnesphysiologische' Untersuchungen wurden nur gestreift. Vielmehr wurde eine Leistung versucht, die in ihrer völligen Voraussetzungslosigkeit an gewisse Seiten von Hegels 'Phänomenologie des Geistes' erinnert. Aus dem Gegebenen wurde gemacht, was bei der Beschaffenheit meines Geistes nur überhaupt aus ihm zu machen anging; der Gedanke des Gegebenseins des Wirklichen wurde nie überschritten, das Gegebene, das 'Sein', das 'Wirkliche' wurde aber von einem 'Perceptum' zu einem 'Conceptum' erweitert.

Wenn das unmittelbar Gegebene so ist, dann muß das Wirkliche in erweiterter Fassung bei unserm so beschaffenen Geiste so sein: das haben wir ausgesagt und durchgeführt.

Für die empirische Wissenschaft bleibt innerhalb dieser Naturschematik der weiteste Spielraum. Widersprochen kann vom Empirischen dieser Schematik nicht werden, weil, was ihr widerspräche, in keinem noch so erweiterten Sinne wirklich werden könnte.

Das heißt aber: ein Widerspruch gegen unsere Schematik ist undenkbar.

Unsere Schematik ist, wenn das Gegebene so ist, wie es ist, notwendig.

Ist also unsere Schematik notwendig, so ist nun wohl zu beachten, daß sie bis zu dem Punkte, bis zu welchem wir sie geführt haben, nur über Elemente der erweiterten Wirklichkeit, über Konstante, Strahlen, dynamische qualitative Punkte usw., etwas ausgesagt hat, aber noch nicht über Gesetzlichkeiten in bezug auf das Geschehen oder Beharren in der erweiterten Wirklichkeit.

Die Kausalitätskategorie spielte eine geringfügige, nur helfende

Digitized by Google

Rolle in ihr; über Substanz wurde nur ausgemacht, was etwa so genannt werden könnte.

Diesem Mangel soll jetzt abgeholfen werden, und wir gehen damit über zu unserer zweiten Aufgabe: dem Problem der denknotwendigen Naturgesetze.

Erst durch Behandlung dieses Problems werden wir auf die sogenannte 'Energetik' geführt werden; bisher war für den Begriff 'Energie' kein Bedürfnis da. Dieser Umstand allein zeigt, was schon hier ein für allemal bemerkt sein mag, daß 'Energetik' durchaus nicht alle 'Wirklichkeit' deckt: die Auflösung des Materienbegriffs in irgendeine Art des Atomismus ist z. B. eine sich geradezu als notwendig aufdrängende Aufgabe der Naturschematik, und von ihr redet Energetik gar nicht. Man löst nicht Probleme dadurch, daß man sich gegen sie verschließt.

Digitized by Google

B. Sätze reiner Naturwissenschaft.

1. Vom Kategorialen überhaupt.

§ 45. Daß es überhaupt 'Denknotwendiges' gäbe, ist von Neueren oft bestritten worden, und man hat wohl gar in solchem Verlassen der Kantischen Bahnen einen wesentlichen Fortschritt der Philosophie erblicken wollen, obwohl man im wesentlichen nichts anderes als einen Rückgang auf Hume oder auf den von ihm abhängigen Comte unternahm. Aber gerade, weil Humes rein negativer Standpunkt nicht ausreichte, ja mit ausdrücklicher Beziehung auf dieses Negative hat doch Kant seine Vernunftkritik angestellt. Angesichts dieser Sachlage berührt es in der Tat seltsam, jetzt oftmals ohne jede Berücksichtigung Kants Humesche Gedankengänge einfach wieder reproduziert zu sehen.

Eigentliches 'Beweisen' ist im Begriff des Denknotwendigen, soweit es nicht abgeleitete Dinge betrifft, unmöglich. Es handelt sich vielmehr, soweit der Inhalt der elementaren Denknotwendigkeiten in Frage kommt, um bloßes Aussprechen eines gleichsam intuitiv Erkannten. Freilich wird solchem Aussprechen jedesmal eine gründliche Selbstprüfung, eine Prüfung dessen also, ob man das kontradiktorische Gegenteil des Gedachten etwa doch 'denken könne', vorherzugehen haben. Beim 'Anschauungsnotwendigen' liegt alles etwas anders; wir gehen nicht im besonderen darauf ein und verweisen auf frühere kurze Bemerkungen.

Überhaupt soll ja diese Schrift nur auf eine durchdachte Erkenntnistheorie basiert sein, aber nicht selbst eine solche enthalten, und so beschränken wir uns denn darauf, zu formulieren, was 'denknotwendig' im Sinne des 'kritischen Idealismus' eigentlich bedeutet.

§ 46. Das 'Es ist' ist, insofern es für 'mich' ist; wenigstens kann ich von anderem 'Sein' desselben nicht reden. 'Ich bin' in anderer Bedeutung des 'Seins' als 'es ist'.

Digitized by Google

Das 'Ich bin', kurz das 'Ich' ist nun ausgestattet mit gewissen ohne weiteres gegebenen, nicht weiter analysierbaren Beziehungseigentümlichkeiten zu dem für das Ich seienden 'es ist'. Diese Beziehungseigentümlichkeiten sind Raum, Zeit und Kategorien. Erst mit dem 'es ist', machen diese drei in der Tat Beziehungseigentümlichkeiten des 'Ich' aus, nicht etwa 'vorher', daher denn das Wort 'a priori' nie zeitlich verstanden werden darf. Aber wenn einmal diese drei tatsächlich für das 'Ich' geworden sind, dann ist alles in ihnen Ausgedrückte mit allen seinen Folgen auch für das 'Ich' 'notwendig' geworden, gleichgültig wieviel weitere 'Erfahrung' auf diejenige, welche die Beziehungseigentümlichkeiten tatsächlich machte, noch folgt; daher kann das Wort 'a priori' im Sinne von 'unabhängig vom Erfahrungsquantum' gebraucht werden.

§ 47. Sind die 'Beziehungseigentümlichkeiten' des 'Ich' in, so können wir sagen, 'zwangsmäßiger' Weise einmal 'tatsächlich' geworden, so kombinieren sich die Elemente ihrer Inhalte miteinander ebenso zwangsmäßig zu Aussagen bestimmter Bedeutung. Diese Aussagen sind die aprioren Sätze 'reinen Wissens', d. h. reinen 'Anschauens' und Denkens ('synthetische Urteile a priori').

Die Sätze reinen Wissens decken, ebenso wie die zwangsmäßigen, durch 'Erfahrung', d. h. durch das 'es ist' nur geweckten reinen Grundbegriffe, die Kategorien, das ganze Gebiet des 'es ist': das eben ist ja ihr zwangsmäßiger Charakter, daß sie es decken müssen, und daß nichts im 'es ist' vorkommen kann, was sie nicht deckten.

§ 48. Gesetzt nämlich, es käme solches scheinbar vor, so würde dadurch nicht etwa das zu Recht Bestehen der kategorialen Formen, Begriffe und Sätze aufgehoben: das kann gar nicht aufgehoben werden. Es würde vielmehr ganz im Gegenteil, und zwar wieder zwangsweise und unbewußt, das 'es ist' im Sinn einer Wirklichkeitserweiterung so zugerichtet werden, daß ein zu Recht Bestehen des Kategorialen herauskäme.

Es ist also nichts weniger als merkwürdig, daß das Wirkliche in seinen Beziehungen sich mit dem kategorialen Schema deckt: das muß sich decken; und wenn z. B. Helmholtz einmal in Ausführung eines mißverstandenen Kantischen Gedankens[1]) die kategoriale Begreifbarkeit der Natur die Voraussetzung aller Wissenschaft nannte, so

1) Es handelt sich um Krit. d. Urteilskr. p. 24 (Ausgabe Kirchmann, Berlin 1872); Kant redet von der Möglichkeit eines Verständnisses der Tektonik der Spezifitäten der Natur, Helmholtz denkt an Konstanz der sogenannten Naturgesetzlichkeit.

Digitized by Google

ist dieser Satz dahin zu berichtigen, daß diese 'Voraussetzung' eben zwangsweise erfüllt ist.

Ja auch das 'Eingreifen' eines Gottes in die Natur, das sogenannte 'Wunder' etwa, müßte ich mir kategorial, also z. B. nach dem Kausalitätsschema zurechtlegen. Vielleicht wird man sagen, daß es damit aufhöre, Wunder zu sein. Es ist klar, daß in demselben Sinn auch alle sogenannten spiritistischen Phänomene, über deren Tatsächlichkeit mir zur Zeit kein Urteil zusteht, nur das Wirklichkeitsbereich erweitern, nie seine Schematik umstürzen könnten; und was von den Kategorien gilt, das gilt, wie wir früher[1]) erkannten, von den 'Anschauungsformen' ganz ebenso.

Wenn wir nicht Metaphysiker werden wollen, müssen wir alles Gegebene so auffassen, und eben kraft unseres kategorialen Schemas können wir es.

Das in mir zwangsweise gegebene kategoriale Schema verbürgt mir ferner wahre Ordnung der Welt in irgendeiner inhaltlichen Gestaltung: es ist seitens der absoluten Empiristen neuerdings bisweilen der Gedanke einer Inkonstanz der sogenannten Naturgesetze aufgetaucht; dieselben sollen vielleicht mit der Zeit veränderlich sein. Mir scheint zur Zulassung solchen Gedankens kein Grund vorzuliegen, aber geben wir ihn einmal zu, so würde doch die Änderung der Naturgesetze in der Zeit ihrerseits einem durch das kategoriale Schema der Form nach gegebenen Gesetze folgen, und alles würde nur um ein oder auch etwa um mehrere Stadien zurückgeschoben sein.

Die Kategorien verbürgen mir irgendwo und irgendwann einen ruhenden Pol.

Hier wird der Mensch also in tiefem Sinne wahrlich 'das Maß aller Dinge'; nicht nur anthropozentrisch, ja 'egozentrisch' muß eine unmetaphysische vollständige Naturbewältigung sein — und sie kann es.

§ 49. Doch bedarf vor allem Eingehen auf einzelnes jetzt noch besonderer Klärung die Frage, was es denn eigentlich heiße, daß alles Kategoriale 'denknotwendig' sei. Ist hier das 'Denken' notwendig, oder ist etwas notwendig 'für' das Denken?

Daß alles 'notwendig' ist, ist der 'notwendige' Ausdruck des Satzes von der 'Notwendigkeit', angewandt auf Geschehen. Also ist auch jedes Denken notwendig. In diesem Sinne hat z. B. Dreyer[2])

1) Siehe oben p. 6—7.
2) Studien Heft II, p. 267.

Digitized by Google

durchaus recht, wenn er sagt, daß 'nicht anders gedacht werden können' nichts anderes besage als 'nicht anders gedacht werden', und daß jenes 'können' nur noch ein letzter Ausfluß falscher Willensfreiheitsmetaphysik sei.

Es fragt sich nun aber, ob mit dem Worte 'denknotwendig' nicht doch etwas mehr in einwandfreier Form ausgesagt werde, als nur 'gedacht'.

Gewiß ist auch mein Denken, ist jede Zeile, die ich hier als seine Äußerung schreibe, 'notwendig'[1]). Dem bloßen Denken gesellt sich das Urteilen, das 'für wahr, d. h. widerspruchslos Halten' zu; auch dieses ist 'notwendig'. Dieses Buch also, als das Produkt vornehmlich eines für wahr Haltens, ist ein notwendiges Naturobjekt. Ich muß dieses für wahr, jenes für falsch halten; das 'dieses' und das 'jenes' liefert 'mir' 'mein' Denken. Obwohl 'ich' beim Urteil eine gleichsam 'bewußtere' Rolle spiele, als beim Denken, ist das Zwangsmäßige auch jedes einzelnen Urteils doch zuzugeben.

Ja, auch mein Urteil über die Notwendigkeit der Urteile selbst ist notwendig.

Wir bewegen uns hier hart an jenen 'Abgründen des Denkens' (Nietzsche), die namentlich ethisch eine so bedeutsame Rolle spielen; daß auch metaphysische Sprünge hier nicht weiterhelfen, lehren Männer wie Augustinus, Mohammed, Luther (Zusatz 15).

§ 50. Bis jetzt erscheint es also klar, daß das Wort 'denknotwendig' im Sinne von 'das Denken ist notwendig' nicht irgendwie Besonderes besagt; ja auch, daß das Urteil notwendig ist, ist keine besondere neue Erkenntnis.

Mir scheint nun aber, daß die Kategorien und alles, was auf ihnen basiert ist, trotzdem mit Recht eine Sonderstellung, wie sie im Worte 'denknotwendig' ihnen zugesprochen ist, beanspruchen können; und zwar glaube ich, diese Besonderheit kategorialer Aussagen vertreten zu können trotz der Notwendigkeit auch des Urteilens. Es sind nämlich die Kategorien und die Sätze reinen Wissens Aussagen, welche nicht nur gemacht und bejaht werden müssen, sondern deren Inhalt in dem Sinne für richtig gehalten werden muß, daß jeder davon abweichende Inhalt, sowie einmal überhaupt ein bloßes Begreifen des Ausgesagten stattfand, also,

---

1) Wer Denken nicht als notwendig gelten lassen, sondern den Notwendigkeitsbegriff auf 'Natur' beschränken will, der vergesse nicht, daß doch das Resultat des Denkens, also etwa 'dieses Buch hier', ein Naturobjekt ist, also ...

Digitized by Google

wie oben ausgeführt, unabhängig vom Erfahrungsquantum, zwangsweise für unmöglich gehalten wird.

Das ist einmal so. Deshalb sind Kategorien und was damit zusammenhängt notwendig für das Denken, im Sinne des Urteilens.

Das sagt doch mehr als bloß, daß das Denken und Urteilen notwendig sei:

In dem Satze 'Alle Menschen sind sterblich' ist auch das 'Gedachte' und 'Geurteilte' 'notwendig', aber eine Abweichung der Behauptung, also etwa: 'einige Menschen sind unsterblich', würde nicht zwangsweise als Unsinn, sondern höchstens als sehr unwahrscheinlich beurteilt werden müssen; dagegen die Sätze: Die Winkelsumme des ebenen Dreiecks beträgt mehr als zwei Rechte, oder $2 \times 2 = 4^1/_2$ sind Unsinn, falls man überhaupt die Bedeutung der richtigen Sätze begriffen hat[1]).

Alle auf das Kategoriale basierten 'notwendigen' Aussagen gewinnen also eben dadurch einen andern Charakter als empirische 'notwendig' bejahte Ergebnisse, daß ihr Gegenteil notwendig absolut verneint werden muß. Eben das haben, so scheint mir, die Neueren vielfach, und auch Dreyer, übersehen.

Unter die allgemeine Notwendigkeit des Denkens und Urteilens fallen alle Aussagen, den kategorialen kommt dazu das zwangsweise Bewußtsein von der Unmöglichkeit einer Inhaltsabweichung sowie eine Unabhängigkeit vom Quantum der Erfahrung zu.

An den Bezeichnungen 'denknotwendig', ja auch an dem schon besseren Ausdruck 'bejahungsnotwendig' für kategoriale Sätze ist also nur das Terminologische in gewissem Sinne zu beanstanden, nicht die Sache selbst; man mag daher immerhin, falls man es nicht vorzieht, die Worte 'a priori' oder 'kategorial' zu verwenden, jene Ausdrücke beibehalten; andere ganz zutreffende kurze Ausdrücke lassen sich schwer bilden[2]), da die Hauptkennzeichen kategorialer Urteile relativer oder negativer Art sind.

Wichtiger als alle Terminologie ist, daß man in der Tat nicht zusammenbringt, was begrifflich getrennt ist.

§ 51. Da solches falsche Vereinfachungsbestreben in neuerer Zeit

1) Diese Beispiele sind zugleich eine gute Illustration dafür, daß 'Gewöhnung' mit Apriori ganz und gar nichts zu tun hat.

2) Man könnte von perpetual affirmabilen (für immer, wie auch Erfahrung ausfallen möge, bejahbaren) Urteilen reden.

Digitized by Google

besonders häufig ist, sei mir gestattet, hier kurz ein Beispiel heranzuziehen, das ebenso jenes falsche Bestreben zeigt wie das Bemühen, die Sonderheit des Kategorialen mit der Bemerkung, daß alles Gedachte notwendig gedacht sei, abzutun.

Der 'Wille', besser wohl 'das Wollen', wird heutzutage gern in 'Empfindungen' aufgelöst; es soll aus solchen 'zusammengesetzt' sein. Dreyer sagt hier z. B., daß 'Wille' 'nicht mehr und nicht minder in Worten definierbar' sei als z. B. 'Rot' (p. 292 ff.).

Das ist ja unzweifelhaft richtig.

Aber ebenso richtig ist auch, daß der Begriff 'Empfindung' hier zu einem so weiten Begriff wird, daß er sich mit dem allgemeinsten Begriff 'Bewußtseinselement' deckt. Es wird also gar nichts Sonderndes mit solcher Anwendung des Wortes 'Empfindung' ausgesagt.

Beginnen wir die Sonderung innerhalb des Umfanges des Begriffs Empfindung = Bewußtseinselement, so sehen wir ohne weiteres ein, daß alles hier zwar nur 'mit Worten definierbar' oder auch nicht definierbar ist, daß aber 'Rot' und 'Muskelgefühl' und 'Wille' drei Elemente sind, welche sich generisch fundamental unterscheiden, und von denen die ersten beiden untereinander immerhin noch etwas mehr Gemeinsamkeiten haben als jeweils mit dem dritten.

Auch hier also verdeckte das Vereinfachungsbestreben, die angebliche Vorurteilslosigkeit, nur wirklich vorhandene Fundamentalunterschiede, wie sie es auch bezüglich des Kategorialen tat.

§ 52. Ist also, um wieder zum Thema zu kommen, das Kategoriale bewußtermaßen von uns in seine Sonderstellung eingesetzt worden, so folgt daraus ohne weiteres die einfache Erkenntnis, daß alles durch Kategoriales Ausgesagte eben 'so ist'.

Die Frage, ob vielleicht nicht doch andere Kategorien 'möglich' seien, ist damit kurzerhand verneint; ja mich dünkt, sie könne gar nicht aufkommen, wenn nicht, dem Fragesteller wohl fast unbewußt, doch noch der Gedanke an eine metaphysische Überwirklichkeit als an eine doch vielleicht nicht ganz unerfahrbar seiende Wesenheit irgendwie spuke.

Für den kritischen Idealismus ist unsere Auffassung endgültig: sie schafft festen Boden.

Daß dieser Boden sogar leider allzu fest, nämlich ein geschlossener Ring ist, in dem wir laufen, das ist oben angedeutet worden und geht uns für unsere Zwecke nichts weiter an.

Besser das allzu Feste als ein angebliches 'Schweben' des Geistes, das wegen der kategorialen Zwangsmäßigkeiten keines sein kann.

Digitized by Google

Will man aber unsern Standpunkt als 'Skeptizismus' verdammen, so mag man das tun, wenn man etwas anderes an seine Stelle setzen kann. Nach unserer Auffassung kann man das nicht. Nach unserer Auffassung führt aber auch unsere, sogar auf uns selbst gewandte, Notwendigkeitslehre nicht zu einem lähmenden 'Skeptizismus':

'Ich' erscheine 'mir selbst' als notwendiges Glied in der Kette des Weltgeschehens, also auch des Weltzieles; wie ich zu dieser Stellung komme, weiß ich nicht. Als Höchstes kann ich uninteressiert betrachten, was ich selbst tue: was ich aber tue, das muß ich tun.

Übrigens ist wichtig zu bemerken, daß nicht nur der 'Materialismus' zum 'Skeptizismus', wenn man so will, führt: hat sich doch unsere Ansicht schon als durchaus antimaterialistisch dargestellt und wird sich in noch höherem Maße so darstellen.

Doch beenden wir diese Einleitung über das Apriori durch Hinweis auf Vorgänger:

§ 53. In ganz wesentlicher Hinsicht bleiben wir nach allem in Hinsicht des Kategorialen auf der Basis Kants: seine Kategorientafel in ihrer Spezifität würden wir zwar, wenn uns diese Frage hier anginge, modifizieren; auch glauben wir den Begriff des Apriori ihm gegenüber schärfer und einwandfreier gefaßt zu haben und zumal in Hinsicht der bei ihm schwankenden idealistischen Grundbasis strenger als er zu sein. Aber das, was Kategorien und Kategoriales sondernd kennzeichnet, das hat im wesentlichen Kant für alle Zeiten festgelegt. Hier waren alle angeblichen Fortschritte über ihn hinaus Rückschritte.

Scheint uns doch überhaupt, als sei ein Grundirrtum des Kantischen Systems nur die falsche Einführung des Dinges an sich mittels eines Kausalitätsschlusses gewesen: das kann man, wenn man überhaupt will, nur durch einen Sprung, gleichsam künstlerisch einführen. Bekanntlich ist der genannte Grundirrtum Kants nicht etwa erst von den neuesten sogenannten 'immanenten' Philosophen, sondern durchaus klar von seinen unmittelbaren Nachfolgern, sodann von den 'Identitätsphilosophen' und von Schopenhauer berichtigt worden. So blieben denn für Neuere nur kleine Berichtigungen und einige Ergänzungen[1]) übrig.

Will man uns aber tadeln, weil wir uns Kantianer nennen, obwohl wir von einem Grundirrtum Kantischer Lehre reden und ihn ver-

1) Die wesentlichsten Ergänzungen haben auch bereits Hegel und Schopenhauer, jeder nach anderer Richtung, wenigstens zu leisten versucht.

Digitized by Google

mieden zu haben glauben, so erwäge man, daß die Grundbasis der Leistungen eines Forschers nicht dessen Hauptverdienst zu sein braucht, daß offene Anhängerschaft aber jeweils dem gilt, was vom Anhänger für besonders verdienstlich gehalten wird: das ist uns die Kantische Lehre vom Apriori. Kann man doch auch sehr vieles an Leistungen Nietzsches schätzen und doch seine Grundidee geradezu verdammen, und bleiben doch, um ein ganz anderes Beispiel heranzuziehen, viele physikalische Arbeiten darum nicht minder verdienstvoll, weil sie auf falscher mechanisch-metaphysischer Basis aufgebaut sind.

§ 54. Wir gehen nun zu einer kurzen Betrachtung der mit Hilfe der Kategorien gewonnenen Aussagen, der 'Sätze reinen Wissens', über: Viele und nicht die schlechtesten Wissenschaftsvertreter unserer Zeit glauben die Möglichkeit solcher Sätze als definitiv abgewiesen ansehen zu dürfen, wenigstens sagen sie das und meinen wohl auch, es zu 'glauben'. Aber ihr praktisches Benehmen schon straft ihren eingeredeten Glauben Lügen: man merkt es oft bei der Lektüre ihrer Schriften aufs klarste, daß sie eben doch von der absoluten Evidenz gewisser Naturaussagen überzeugt sind. Und wenn gar z. B. Mach in seinen klassischen 'Prinzipien der Wärmelehre'[1]) von 'allgemeinen phänomenologischen Gesetzen' spricht, 'welchen die mechanischen als Spezialfälle einfach unterzuordnen sind', wenn er die Mechanik nur 'als Fingerzeig bei Aufsuchung jener Gesetze' angesehen wissen will, während er eine Zurückführung eines Gebietes des Naturwissens auf ein anderes, also etwa der Chemie auf die Physik für 'kaum weniger naiv' erklärt als die Ansicht des Thales, 'welche aus den Eigenschaften des Wassers alles begreifen wollte', so wird er von der Möglichkeit solcher 'phänomenologischer Gesetze' doch wohl, wenn auch uneingestandenermaßen, 'vor dem Erfahrungsquantum', also a priori überzeugt sein.

Unbeschadet ihrer großen Verdienste haben die Grundvertreter der neueren Wendung der Physik und Chemie allzuviel des Vorgefundenen abschaffen zu müssen geglaubt. Setzen wir wieder in seine Rechte ein, was kurze Zeit als erledigt gelten konnte, reflektieren wir auch hier, wie im vorigen Abschnitt, auf die ganze 'Wirklichkeit', wie sie bei meiner Geistesbeschaffenheit nun einmal ist, und schränken wir den Wirklichkeitsbegriff nicht willkürlich auf ein angeblich Unmittelbares — in der Tat bei wissenschaftlicher Behandlung doch stets schon irgendwie 'kategorial' Verarbeitetes — ein.

---

1) p. 354—356.

Digitized by Google

2. Reines Wissen in Geometrie und Mechanik.

§ 55. Die Geometrie ist eine aprioristische, 'denknotwendige' Wissenschaft.

Das heißt nicht, daß ein Mensch ohne 'Erfahrung' den Begriff aller geometrischen Konfigurationen habe oder den Inhalt aller geometrischen Sätze kenne; es heißt aber, daß einen geometrischen Begriff oder Satz einmal seinem Inhalte nach verstehen zugleich seine Notwendigkeit einsehen bedeute, daß die Gesamtheit der geometrischen Sätze in sukzessiver Folge ohne äußere Hilfsmittel entwickelbar sei, daß ihr Gegenteil als sinnlos erkannt werde, und daß Erfahrung für das Überzeugtsein von ihrer Richtigkeit gar keine Rolle spiele.

Das 'Apriori' des Raumes hat zwei Seiten: zum ersten leistet es zwangsmäßig die Schaffung der zwar nicht unmittelbar im wahren Wortsinn 'anschaubaren', aber doch als erweitert-wirklich zu setzenden 'dritten' Dimension, zum andern leistet es zwangsmäßig die Axiome und die Erweiterung der geometrischen Einsichten aus sich selbst.

§ 56. Die Kinematik ist auch eine aprioristische Wissenschaft, sie operiert mit den ihren Kennzeichen nach zwangsmäßig gegebenen Größen des Raumes und der Zeit. Daß es Bewegung 'gibt', ist hier empirisch; aber wenn es sie gibt, so muß es sie so geben, wie a priori gewußt werden kann.

Apriorität der Geometrie und Kinematik wird meist zugegeben; und wird sie es, wie bisweilen eben von Neueren, nicht, so ist der Mangel in der solchem Vorgehen zugrunde liegenden erkenntniskritischen Ansicht stets unschwer aufzudecken; wir kommen hierauf alsbald in weiterem Zusammenhang und auch das sogenannte 'Metageometrische' streifend zurück.

§ 57. Es läßt sich nun leicht zeigen, daß auch die Mechanik aprioristisch sei. Dühring hat in seiner geschichtlichen Darstellung in der Tat zugleich eine rein logische Entwicklung der Mechanik geboten, und daß solches möglich war, beweist das Gesagte.

Wollen wir auf anderem Wege zur Einsicht in die Apriorität der Mechanik gelangen, so werden wir uns beispielsweise passend an die Einleitung zu Hertz' Mechanik anlehnen:

Hertz nennt drei Möglichkeiten, die Sätze der Mechanik aufzubauen: Man kann ausgehen entweder von den Begriffen Raum, Zeit, Masse, Kraft oder von den Begriffen Raum, Zeit, Masse, Energie oder nur von den Begriffen Raum, Zeit, Masse, denen aber gegebene feste Verknüpfungen als viertes Element beigefügt werden.

Digitized by Google

Im Grunde sind es also doch immer vier Grundbegriffe, deren man benötigt; denn wenn Hertz gegen den Einwand eifern zu können glaubt, daß seine 'starren Verbindungen' doch 'Kräfte' seien, während der Gedanke, daß Abstände immer dieselben blieben, vielmehr 'nur auf räumliche Vorstellungen führe', so scheint uns solche Polemik durchaus unhaltbar: Das Gesetz des Abstand bewahren Müssens führt offenbar über bloß Räumliches hinaus.

Tiefere Überlegung zeigt uns nun, daß die vier zu jeder möglichen Aufbauart der Mechanik nötigen Grundbegriffe nichts anderes als Versionen der vier kategorialen Begriffe Raum, Zeit, Quantität und Kausalität sind.

Alles, was aus der denkenden Verknüpfung dieser vier Begriffe überhaupt folgen kann, macht die Mechanik aus. Raum und Zeit spielen in jedem mechanischen Schema ganz rein ihre Rolle, die Quantität tritt stets als 'Masse' im 'mechanischen' Sinne[1]), die Kausalität tritt bald als 'Kraft', bald als 'Energie', bald als 'starre Verbindungen' auf.

Die Mechanik ist also eine Naturwissenschaft überhaupt nur insofern, als das Quantitative durch den auf 'gegebenen' Datis beruhenden Begriff der Masse und als das Kausale durch den Begriff der massenbewegenden Kraft oder ähnliches, also allgemein der massenbewegenden 'Potenz', gleichsam mit Inhalt gefüllt wird.

§ 58. Wollen wir wenigstens an einem Beispiel[2]) einzelnes aus dem Inhalt der Mechanik streifen, so ergibt sich das Trägheitsgesetz als denknotwendige Einsicht, und nur aus allgemein erkenntniskritischer Verwirrung haben hier scheinbare, mit dem Begriff der 'absoluten Bewegung' in Verbindung stehende Schwierigkeiten entstehen können.

Das Trägheitsgesetz ist nichts weiter als der Satz, daß jede Veränderung nur auf eine andere Veränderung hin erfolgen könne, also eine der Formen des Kausalitätssatzes, angewendet auf die Begriffe der Mechanik, insbesondere auf eine mechanisch definierte bewegte Masse[3]); Trägheit ist also keine 'Eigenschaft' der Masse.

---

1) Also nicht einmal als 'schwer' gedacht; siehe oben p. 22.

2) Im übrigen verweisen wir vor allem auf Dührings Kritische Geschichte. Man überlege bei sich Hebelgesetz, schiefe Ebene und anderes.

3) Treffend erscheint hier Bütschlis Bemerkung (Ann. Naturphil. 3, 1904, p. 140), das bewegte Ding sei nicht eine Folge veränderter Zustände, sondern ein Zustand; es sei also nicht sein augenblicklicher Zustand 'Ursache' des nächsten.

Digitized by Google

Selbstredend würde ein einmal bewegter Körper sich auch weiter fortschreitend bewegen, wenn er plötzlich 'allein' da wäre, also im Sinne sogenannter 'absoluter Bewegung'.

Es ist immer ein 'absolut festes' Koordinatensystem denkbar, auf das solche absolute Bewegung bezogen werden kann, ebenso wie geometrische Gebilde immer auf ein solches bezogen werden können (Zusatz 16). Die Mechanik, nicht nur die Kinematik, ist nur erweiterte Geometrie.

Wer am Begriff der 'absoluten' fortschreitenden Bewegung Anstoß nahm, war stets erkenntniskritisch nicht fest: natürlicherweise soll das Wort 'absolut' hier nicht im Sinn eines fingierten 'absoluten Seins' gelten. Dieser Begriff, an den wohl die meisten 'Schwierigkeiten' in Sachen 'absoluter' Bewegung anknüpften, ist ja aus einer rationellen Naturauffassung überhaupt zu verbannen. Die absolute Bewegung gilt nur im Bereiche des 'es ist', des 'Gegebenen'. In diesem Sinn 'ist' ja nur 'Natur'. Aber in diesem Sinn 'ist' auch Bewegung 'absolut', d. h. Bewegung im Gegensatz zur Ruhe ist ein zureichend definiertes Element der gegebenen Wirklichkeit.

Auf dem kritisch-idealistischen Standpunkt schwinden also alle Bedenken, die ein unklar schwankender Realismus etwa zeitigen könnte.

Im Sinne der so geklärten absoluten fortschreitenden Bewegung ist aber das Trägheitsgesetz der angewandte Kausalitätssatz, nichts weiter.

Daß der Begriff der geradlinigen Bewegung dem Inhalt des Trägheitsgesetzes wesentlich ist, hängt wieder mit den zwangsmäßigen Erweitertwirklichkeits-Charakteristiken (nicht 'Eigenschaften') des Totalraumes zusammen, ebenso wie auch alle auf die 'Geradlinigkeit', den 'kleinsten Weg' und ähnliches sich beziehenden Minimumprinzipien, von denen noch zu reden sein wird, in letzter Linie mit diesen Charakteristiken zusammenhängen.

§ 59. Deshalb ist Klarheit über das Zwangsmäßige, Nicht-anders-sein-könnende, 'Aprioristische' dieser Charakteristiken von besonderer Bedeutung, und deshalb wollen wir unsere Ansicht über dieses Aprioristische hier nochmals in einem Satze zusammenfassen, damit gleichzeitig die bloß analytischen Begriffsspielereien der sogenannten Metageometrie und alles ihr Verwandten verwerfend:

Wenn auch, so können wir sagen, tatsächlich ein auf horizontaler glatter Fläche gestoßener Körper sich stets nicht geradlinig, sondern in einer Kurve bewegen würde, so wäre darum doch nicht etwa 'der

Digitized by Google

Raum' 'gekrümmt' oder wäre etwa das Parallelenaxiom ungültig, sondern der erweitert-wirkliche 'Raum' wäre ebenso 'eben', und das Parallelenaxiom wäre ebenso gültig wie bei dem wirklichen Verhalten sich bewegender Körper. Das Parallelenaxiom nämlich kann gar nicht als ungültig vorgestellt werden. Wäre wirklich der tatsächliche Befund so, wie zuerst geschildert, realisierte sich wirklich das Trägheitsgesetz allemal in einer Kurve, so wären unbekannte, die geradlinige Bewegung abändernde Naturagenzien im Raum anzunehmen, aber der Raum als zwangsmäßiger Wirklichkeitsrahmen bliebe der Euklidische[1]). Alle Metageometrie beruht demnach einerseits auf Verwechslung des mit Hilfsmitteln der Analysis Denkbaren mit dem zwangsmäßig Wirklichkeitserweiternden; auf der andern Seite macht sie Geometrie zu Physik.

Beide Seiten der metageometrischen Irrlehre haben wohl in einem falschen, dem 'naiven' ähnlichen Realismus ihren letzten Grund (Zusatz 17).

3. Übergang zur Physik. Allgemeines über Kausalität.

§ 60. Gehen wir einen Schritt weiter in der Prüfung des Apriori der Naturgesetze.

'Was kann an den Naturgesetzen nicht anders gedacht werden, als es tatsächlich gedacht wird?' Besser: 'Was von dem hier grundlegend Gedachten wird bei einer Variation seines Inhaltes notwendig und ohne Rücksicht auf weitere Erfahrungen Unsinn?' Das ist die Frage, die wir entscheiden wollen.

Was anders an ihnen affirmierend gedacht werden kann, das kann auch anders sein, so lautet eine erste wichtige, aus der bloßen Aufstellung der Frage sich ergebende Folgerung.

Wir treten also jetzt in das Bereich der gesamten, mit Qualitäten rechnenden Physik und Chemie ein.

Naturgesetze handeln von Veränderungen in der Natur; es wird daher hier am Platze sein, zunächst dem Begriff der Veränderung einige tiefer gehende allgemeine Worte zu widmen.

§ 61. Die 'Kausalitätskategorie', das ist der Notwendigkeitsbegriff angewandt auf Geschehen, fordert zwangsmäßig eine 'Ursache' zu jeder Veränderung. Das heißt zunächst ganz allgemein: es muß jeder Veränderung eine andere vorhergegangen sein, und jede Veränderung muß eine weitere zur Folge haben.

---

1) Vgl. auch p. 7, Anm. 1.

Digitized by Google

In dem Worte 'muß' liegt das Wesentliche. Es unterscheidet den Begriff des 'Kausalen' vom bloß empirisch 'Funktionalen'. Der Begriff des Funktionalen konstatiert bloß einen Tatbestand; soll er mehr besagen, soll auch er das 'Immer-aufeinander-bezogen-werden-müssen' ausdrücken, so wird er ohne weiteres zum Kausalbegriff, oder wenigstens zum Begriff der notwendigen Verbindung, wenn schon nicht immer der Folge. Aber das 'Notwendige' haben wir dann auch hier.

Das übersehen Neuere, wenn sie bloß empirisch-funktionale Ausdrucksweisen im Gegensatz zu kausalen für besonders vorurteilsfrei halten. Freilich, soll das $z = f(x, y)$ nur einen einigemal empirisch konstatierten Tatbestand ausdrücken, so ist mit diesem Ausdruck allerdings etwas sehr 'Vorurteilsfreies', aber überhaupt nicht allzuviel ausgesagt.

Aber bei tieferer Anwendung soll mit dem Funktionszeichen mehr ausgesagt sein, und wenn dieses Mehr, nämlich das Notwendige, ausgesagt werden soll, dann ist die Frage, ob es nun 'Kausales' sei, gegenüber der Behauptung der notwendigen Verknüpfung überhaupt zunächst eine Frage zweiter Linie. Im Mathematischen an und für sich liegt, wie neuerlich oft betont ward, überhaupt noch nichts im engeren Sinne Kausales; dieses tritt immer erst bei anderer logischer Formulierung des Mathematischen auf; aber das Notwendige kann auch schon in ihm liegen.

Kausales und wirklich bedeutungsvolles Funktionales stehen also in gar keinem Gegensatz, sondern sind zwei verschiedene Betrachtungsarten derselben Sachlage. Die Fallformel $s = \frac{g}{2} t^2$ sagt funktional dasselbe aus, wie der Satz: 'Wenn ich diesen Faden durchschneide, so wird dieser Körper sich so bewegen, daß er nach der Zeiteinheit den Weg $\frac{g}{2}$ zurückgelegt hat' kausal aussagt. Das Kausale verknüpft immer Ereignisse notwendig in der Zeit, das Funktionale tieferen Sinnes verknüpft Naturbegriffe gleichsam statisch.

Besteht also kein Gegensatz zwischen Kausalem und Notwendigfunktionalem, so kann andererseits doch Funktionales, selbst in seiner bedeutsamen Form, nicht für Kausales eintreten, nicht es ersetzen, wenigstens nicht, wenn Vollständigkeit der Naturbewältigung, das heißt Rücksichtnahme auf alle Sonderkennzeichen des Gegebenen, erstrebt wird. Diese Sachlage, die wir alsbald näher erörtern werden, ist oft von Neueren übersehen worden, auch wenn sie das Funktionale in tieferem als bloß empirischem Sinne faßten.

Digitized by Google

§ 62. Selbstverständlich ist nicht jeder naturwissenschaftliche Notwendigkeitssatz inhaltlich a priori wahr. Dann gäbe es nur Naturphilosophie, aber keine Naturwissenschaft. Daß tatsächlich das meiste am Inhalte von Kausalsätzen empirisch ist, hat schon Hume und hat, trotz der definitiven Leistungen von Kant und Schopenhauer, wieder Neuere verführt, alles das zu übersehen, was denn nun an Kausalsätzen doch stets nicht empirisch ist, nämlich ihre Gesamtform und auch von ihrem Inhalt ein Teil.

Daß da in diesem Falle, bei dieser Veränderung 'etwas' notwendig verknüpft sein muß, das ist stets a priori gewiß, und ebenso ist gewiß, daß ein anderes Mal bei gleicher Verknüpfungsart die gleiche Veränderung statthaben würde[1]).

Der Inhalt des jeweiligen Verknüpfungssatzes mag in erheblichem Maß empirisch sein; ist doch in Strenge schon das Faktum, daß es überhaupt Veränderung 'gibt', empirisch. Freilich rein empirisch ist, wie sich zeigen wird, der besondere Inhalt notwendiger Verknüpfungssätze auch nicht.

Wer aber solches übersieht, der begeht genau denselben Fehler der Unvollständigkeit, als wer das Ich für eine 'Vorstellung' wie einen Schrank, wer den Raum des Euklid für eine 'Hypothese', wer den Willen für Empfindung oder wer Logik für Psychologie erklärt.

4. Vom Begriff der reinen Naturwissenschaft.

§ 63. Gehen wir nach diesen Vorbereitungen zur Prüfung des aprioristischen Inhaltes der physikalischen und chemischen Naturgesetze über, so wollen wir zunächst unserm Vorhaben einen Namen geben.

Wir wollen mit Kant die Wissenschaft von dem aprioristischen Bestandteil der Naturgesetze reine Naturwissenschaft nennen; auch die Worte Naturphilosophie oder Naturlogik können wir für unser Vorhaben anwenden (Zusatz 18).

Wir hätten das Wort Naturphilosophie schon an bedeutsamere Stelle dieser Schrift gesetzt, wenn es nicht neuerdings, zumal von Ostwald, für ein ausdrücklich empirisches Vorgehen, aller Tradition und Wortbedeutung zum Trotz, gebraucht worden wäre.

---

1) 'Nach einer Regel' (Kant) also geschehen denknotwendig die Veränderungsverknüpfungen.

Digitized by Google

§ 64. Um reine Naturgesetze zu gewinnen, müssen wir, wie es für die Mechanik geschah, den reinen Begriff der Kausalität mit andern aprioristischen (kategorialen) Begriffen kombinieren und sehen, was dabei für die Natur herauskommen, d. h. was diesen Kombinationen in der Natur, in dem 'Gegebenen' entsprechen kann.

Solches ist wenigstens der reinste Weg zur Gewinnung naturphilosophischer Sätze: ihm schließt sich als Gegenstück das Herausschälen des naturphilosophischen Kernes aus vorhandenen naturwissenschaftlichen Gesetzen an. Jedes Naturgesetz hat einen solchen Kern, hat einen gewissen Bestandteil, bezüglich dessen man sich sagen muß: 'das hätten wir eigentlich vorher wissen können'; weiter soll ja 'Apriori' in der Natur nichts bedeuten. Das naturphilosophische Gerüst von Naturgesetzen ist oft so verworren, daß diese Gesetze praktisch durchaus auf empirischem Wege gefunden wurden, und daß die Erkenntnis des Apriori erst hinterher kommt. Prinzipiell hätte sie immer vorher kommen können.

5. Die reinen Sätze vom Geschehen.

§ 65. Betrachten wir jetzt ein räumlich abgegrenztes Stück des erweiterten Wirklichen, der wissenschaftlichen 'Dinge', und nennen wir dieses Stück ein 'System', so können wir von den Veränderungen dieses Systems reden und jeweils nach ihren Ursachen fragen.

Es ist nun in Anwendung des Wortes 'Ursache' der Sprachgebrauch ziemlich schwankend, mag auch allemal dem Worte, im Gegensatz zum bloß Notwendig-Funktionalen, der Begriff des notwendigen Folge-Verknüpftseins angehören; man nennt häufig 'Ursache' diejenige letzte Veränderung, welche ein Ereignis, also eine andere Veränderung nach sich zieht, wo man doch weiß, daß andere Veränderungen vorhergegangen sein müssen, damit jene 'letzte' den geschilderten Effekt haben kann. Die Gesamtheit des vorveränderten Notwendigen nennt man dann 'Bedingungen'. Oder aber man nennt Ursache einer Veränderung des Systems die Gesamtheit alles dessen, was erfüllt sein, was 'verändert' sein muß, damit die neue Veränderung realisiert wird. Endlich kann man auch unter allen zur Veränderung notwendigen Faktoren den oder die auf die Spezifität, auf die besondere Beschaffenheit oder auch auf die Örtlichkeit des Effektes derselben recht eigentlich gerichteten als 'Ursache' aussondernd bezeichnen.

Alle diese Modifikationen des wahren Ursachsbegriffes gehen über

Digitized by Google

bloß funktionale Bestimmungen hinaus, auch wenn solche in höherem als bloß empirischem Sinne gemeint sind. Alle haben gleiche Berechtigung der Anwendung, nicht ist die eine 'falsch', die andere 'richtig'; zwangsmäßig-kategoriale Formen der Weltbetrachtung liegen allen zugrunde. Natürlicherweise aber ist, um Verwirrung fernzuhalten, im Einzelfalle stets klar zu sagen, was unter 'Ursache', was unter 'Bedingungen' verstanden sein soll.

§ 66. Halten wir uns einmal an das zweite unserer Schemata, so können wir uns die Totalität der Veränderungen, die ein System überhaupt, d. h. in bezug auf die Gesamtheit seiner Teile, durchläuft, als fortlaufende Kette denken, in der die Totalität jedes vorhergehenden Gliedes Ursache der Totalität jedes folgenden Gliedes ist.

Wir können nun vom Quantum des sich Veränderns reden; ein solches Quantum kommt jedem Glied der Veränderungskette zu.

Gesetzt, es sei das Quantum für ein beliebiges Kettenglied $= A$, so mag dieses Quantum in eine Summe beliebig kleiner Quanten zerlegt und also als $\Sigma(\Delta A)$ mathematisch geschrieben, ja es mag ohne weiteres als $\int dA$ bezeichnet werden.

Hier ist also dA das Differential des Veränderungsquantums, und es besteht nun die kategoriale Nötigung von seiten der Kausalität, den Ursachsbegriff, und zwar in quantitativer Fassung, auf eben das Quantumsdifferential der Veränderung jeweils anzuwenden. Das aber heißt, es muß jedem Differential der Veränderungsquantität jedes Gliedes der Veränderungskette ein quantitativ gleiches Differential des vorhergehenden Gliedes vorangehen.

Es muß also $\int dA = \int dB = \int dC$, also auch $dA = dB = dC$ sein.

Es darf nie ein dC übrigbleiben, für welches kein dB vorhanden wäre, und es kann andererseits auch kein dC geben, das nicht ein dD leisten möchte.

So ergibt die Kombination des Kausalitäts- mit dem Quantitätsbegriff den:

Ersten Satz[1]) vom Geschehen: Das Ursachsquantum ist dem Wirkungsquantum gleich; oder anders: Das Kausalitätsquantum in einem abgeschlossenen System ist

1) 'Satz' oder 'Prinzip', nicht 'Gesetz'. 'Gesetz' gilt nur für Empirisches mit kategorischem Rahmen, 'Regel' für vorläufig Empirisches ohne solchen (vgl. hierzu zumal Wundt).

Digitized by Google

konstant; $\int dK = \text{Konst}$; oder noch anders: ein Kausalitätsquantum kann nicht aus 'nichts' entstehen und kann nicht zu 'nichts' werden.

Was da an Daten der Wirklichkeit nun gleich sei oder konstant bleibe, das wissen wir aus diesem Satze noch durchaus nicht, aber daß 'etwas' gleich sein oder konstant bleiben muß, das wissen wir 'vor aller Erfahrung'.

§ 67. Wir kombinieren jetzt mit dem auf Veränderungen sich beziehenden Kausalitätsbegriff den allgemeinen Begriff des Verschiedenseins, zunächst ohne Rücksicht auf Quantität.

Ohne weiteren 'Beweis', weil eben 'denknotwendig', ergibt sich uns hier der:

Zweite Satz vom Geschehen: Ein in sich völlig gleichartiges System kann sich aus sich selbst nicht so verändern, daß es in seinen Teilen verschieden wird.

Verändert es sich doch so, daß es in seinen Teilen verschieden wird, so ist vielmehr notwendig ein auf eben diese Verschiedenheit gerichteter äußerer Faktor anzunehmen, und verändert es sich, was der zweite Satz nicht ausschließt, so, daß es in allen seinen Teilen gleichermaßen verschieden wird, so ist ein überkommenes Ursachsquantum dafür verantwortlich.

Es ist klar, daß der zweite Geschehenssatz nur einer kleinen Änderung des Wortlauts benötigen würde, um zu einem 'Gleichgewichtssatz' zu werden.

Darüber, was an einem System verschieden sein muß, damit es sich in seinen Teilen verschieden verändere, sagt der zweite Satz des Geschehens, zumal in dieser ersten einfachen Form, nichts aus, aber 'etwas' muß an ihm verschieden sein.

Die empirische Wissenschaft wird dieses 'Etwas' beim zweiten wie beim ersten Satz auszumachen haben.

Nun läßt sich aber schon 'a priori' dem zweiten Geschehenssatz auch eine etwas inhaltsreichere Form geben, indem an einem System nur solche Differenzen, welche Veränderungsfaktoren sein können, also 'Veränderungspotenzen' darstellen, in Betracht gezogen werden und seine Zusammensetzung im übrigen beliebig gelassen wird; hier ist also nicht nur von einem in sich absolut gleichartigen System die Rede: ohne Veränderungspotenzen keine Veränderung, so lautet jetzt unser Satz; auch er läßt sich zum 'Gleichgewichtssatz' umformen. Die empirische Wissenschaft wird wiederum den Begriff 'Veränderungspotenz' mit Inhalt zu füllen haben.

Digitized by Google

§ 68. Ein dritter Satz des Geschehens läßt sich durch Bezugnahme auf Quantitäten dem zweiten in seiner komplizierteren Form leicht angliedern; es wird die Aufmerksamkeit wieder auf den Begriff der 'Veränderungspotenzen', also auf die Faktoren, welche Veränderungen hervorrufen können, gelenkt; es ergibt sich dann als evident der Satz: In einem veränderungsfähigen System geht die Veränderung von der höchsten, d. h. veränderungsfähigsten Veränderungspotenz, welcher Freiheit der Betätigung gegeben ist, aus.

Auch hier hat wieder Empirie auszumachen, worin Veränderungspotenz und worin ihre meßbare Größe gelegen ist.

§ 69. Ohne weitere Diskussion können wir den vierten Satz des Geschehens aussprechen: Alles Geschehen ist eindeutig. Aus einer Ursachskonstellation kann nur eine Konstellation der Wirkung folgen.

In diesen vier Sätzen ist der Grundinhalt der reinen Naturwissenschaft erschöpft.

Man kann uns einwenden, daß eigentlich der vierte Satz an die Spitze, der erste als kompliziertester ans Ende gehöre. Mit Rücksicht auf die Numerierung gewisser Grundsätze der empirischen Physik haben wir unsere Numerierung vorgenommen.

§ 70. In der Physik, zumal in der Mechanik und Optik, haben gewisse Minimalprinzipien, wie das Prinzip der kleinsten Wirkung, das Prinzip des kleinsten Zwanges usw., oftmals eine Rolle gespielt.

Sie sind im Kern aprioristische Sätze, scheinen uns aber einer näheren Erörterung entbehren zu können, da sie nur andere Formulierungen des Kausalitätsquantensatzes, verbunden mit dem Eindeutigkeitssatze, sind.

'Es geschieht nie mehr, als geschehen kann', sagen jene Sätze aus, und 'was geschieht, geschieht in einer aus irgendeinem Grund eindeutigen Form'.

Welche Form das ist, wird, als mit der Frage nach dem 'Etwas' in den Fundamentalsätzen zusammenhängend, noch offen gelassen.

Später streifen wir diese Dinge noch einmal.

6. Ausblick.

§ 71. Aprioristische Naturgesetze weniger umfassenden Grades lassen sich noch eine Menge gewinnen: die Mechanik ist ja voll von solchen Sätzen zweiter Art.

Digitized by Google

In der übrigen Physik und Chemie hat man nicht viel danach gesucht; man würde aber durch Analyse der bekannten Naturgesetze in den verschiedenen Gebieten, wie gesagt, leicht auf aprioristische Bestandteile stoßen.

Soll doch überhaupt in keiner Weise geleugnet werden, daß wir auch unsere Grundsätze der 'reinen Naturwissenschaft' im Anschluß an bekannte Grundgesetze der Empirie gewonnen haben, wenn schon das nicht ausgesprochen ward.

Wer solches Vorgehen belächelt und wohl etwa sagt: 'hinterher' sei es leicht, von Apriorien zu reden, wenn man nämlich einmal das Resultat kenne, der mißversteht das Apriori. Was 'unabhängig vom Erfahrungsquantum nicht anders gedacht und beurteilt werden kann', braucht, wie schon erörtert, darum nicht so platt dazuliegen, daß es nun spielend durch Denken gefunden werden müsse. Gar wohl kann erst die Empirie darauf führen; aber nachher haben wir dann wohl recht, zu sagen: eigentlich hätten wir das auch ohne Empirie finden können.

§ 72. Von aprioristischen Sätzen zweiten Grades sei hier nur eine Gruppe solcher namhaft gemacht, die sich aus Kombinationen des Kausalbegriffes mit Geometrischem ergeben:

Die Oberflächen zweier Kugeln verhalten sich wie die Quadrate ihrer Radien, und es ist daher nicht seltsam, daß, wo Wirkungen auf Grund von radienartig oder kugelflächenartig durch den Raum verteilten Agenzien, die ein Ausgangszentrum haben, geschehen, auch die Wirkungsquantität zum Quadrat des Abstandes vom Zentrum in Proportion steht: Das Newtonsche und das Coulombsche Gesetz sowie die Strahlungsgesetze sind Beispiele für das Gesagte[1]). Sie haben einen aprioren, hier sehr wesentlichen Bestandteil; ein 'Etwas' an ihnen, namentlich die Frage, worin nun die 'Wirkungsquantität' bestehe, bleibt empirisch.

§ 73. An andern Naturgesetzen (Zusatz 19) reduzieren sich die aprioren Bestandteile meist auf die vier Geschehenssätze oder auf einige von ihnen; das gilt z. B. von der sogenannten Gibbsschen 'Phasenregel', die einen starken aprioristischen Bestandteil besitzt; wir reden von ihr später. Mit Erfolg wird man ferner nach aprioristischen Bestandteilen in Naturgesetzen fahnden können, wenn man

---

1) Kant neigte dazu, in diesem Sinne das Gravitationsgesetz für aprioristisch zu halten. Von Neueren vergleiche man: Dühring, Neue Grundgesetze I (Leipzig 1878), p. 15, und Heymans, Annal. d. Naturphil., zumal p. 483 ff.

Digitized by Google

sich die 'reine' Bedeutung besonders häufig vorkommender Funktionen, z. B. der Exponentialfunktion, oder besonders häufig vorkommender Differentialgleichungen überlegt. Gerade sehr viel 'Quantitatives' an den Naturgesetzen wird im Grunde Sache 'reiner' Erkenntnis sein.

§ 74. Unbewußt hat die Erkenntnis der aprioristischen Natur eines großen Teils des Naturgeschehens der mechanischen (fiktiven) Physik zugrunde gelegen, und das war immerhin ihre gute Seite. Man meinte die Erscheinungen auflösen zu können in solche, die man 'verstand'; ja man hielt hier wohl gar unbewußt 'zu viel', wie z. B. den Stoß, für 'verstanden', Psychologisches, nämlich das 'selbst Stoßen-Können', mit Aprioristischem verwechselnd, überhaupt die Grundfrage im Dunkeln lassend.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

C. Die Energielehre.

1. Der erste Hauptsatz.

§ 75. Der Begründer des sogenannten ersten Hauptsatzes der Energetik, Robert Mayer, hat seinem aprioristischen Bestandteil treffend dadurch Ausdruck gegeben, daß er jenen Satz aus dem in sich selbst gewissen 'Causa aequat effectum', einem Satze, der unserm 'ersten Satz vom Geschehen' inhaltlich entspricht, herleitete.

Aber auch diejenigen Forscher, welche den Energiesatz auf die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile zurückführen wollen, erkennen, mögen sie es wollen oder nicht, seine aprioristische Seite an; denn ein Perpetuum mobile ('erster Art'), d. h. ein ohne Kausalzufluß ohne Ende Kausalabfluß leistendes Ding, ist eben 'undenkbar', d. h. absolut bejahungsunmöglich; und wenn uns auch tausend Leute 'bewiesen', es gefunden zu haben, so würden wir ihnen nicht glauben. Ja, wir würden auf alle Fälle die Sache so wenden, daß der angebliche Tatbestand eben nicht als Perpetuum mobile erschiene, müßten dazu auch noch so viel Hypothesen ersonnen werden. Es wäre ganz sicherlich etwas übersehen, würden wir sagen.

Der erste Energiesatz also kann seinem wesentlichen, nämlich aprioristischen, Bestandteil nach gar nicht 'ungültig' sein. Wäre er irgendwie reformbedürftig, so könnte das nur seine sogleich zu erörternde empirische Einkleidung betreffen.

Vielleicht zwingen die Tatsachen der Radioaktivität oder verwandte Phänomene einmal zu einer Modifikation dieser Einkleidung nach irgendeiner Richtung hin. Mag dem sein, wie ihm wolle: daß sich immer ein Ausweg finden lassen muß, der das Wesentliche des Satzes wahrt, ist gewiß.

§ 76. Was 'ist' nun unter den Daten der erweiterten Wirklichkeit die 'causa', die dem 'effectus' gleicht?

In der reinen Mechanik ist diese Frage, nach langem Streite über die 'Schätzung' der Kräfte, an dem sich bekanntlich auch Philosophen,

Digitized by Google

wie Leibniz und Kant, beteiligten, zuerst entschieden worden[1]) und zwar mit dem Resultat, daß für gleichförmig bewegte Körper das Produkt aus der Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit $\left(mv^2, \text{ bzw. } m\frac{v^2}{2}\right)$ als 'causa' oder als 'effectus' in Betracht kommt[2]); ein durch $\frac{m}{2}v^2$ seiner Kausalpotenz nach gekennzeichneter Körper kann einmal als 'causa' einen andern entgegen einer wirkenden Kraft p bewegen, bis derselbe den Weg l zurückgelegt hat, so daß $p \cdot l$ (Kraft × Weg) das, selbstverständlich in gleichen Einheiten wie $\frac{m}{2}v^2$ ausgedrückte, Maß seines 'effectus' wird, zum andern kann eine beschleunigende Kraft p als 'causa', über die Wegstrecke l hin wirkend, $\frac{m}{2}v^2$ als effectus erzielen.

Die Summe aller $\frac{m}{2}v^2$ und aller $p \cdot l$ muß in einem geschlossenen rein mechanischen System immer konstant bleiben. Die Lagrangeschen oder die d'Alembertschen Gleichungen drücken das für die drei Achsen des Raumes erschöpfend aus.

§ 77. Das Produkt von Kraft und Weg, anders: das Produkt von Masse mal Beschleunigung mal Weg ist schon hier, im rein Mechanischen, welches, wie erörtert, nur mit vier Grundbegriffen operiert (Zusatz 20), das eigentliche Tertium comparationis bei Messungen von Bewegungskausalquanten oder, um nunmehr den physikalischen Namen einzuführen, von kinetischer 'Energie'. Arbeit wird dieses Produkt genannt, und allgemein definiert wird die Energie als Arbeitswert.

Daß als Arbeitswert eines in Bewegung befindlichen Körpers $\frac{mv^2}{2}$, nicht aber etwa mv zu gelten habe, ist der eigentliche, der Mechanik eigentümliche Inhalt des Kausalquantensatzes. Nun ist dieser Inhalt hier zwar nicht empirisch, sondern auch aprioristisch, wie die allgemeine Form des Fundamentalsatzes es ist, da eben die quantitativen

---

1) Auf nicht mechanischem Gebiete war das schon 1840 von Heß ausgesprochene 'Gesetz der konstanten Wärmesummen' ein Vorläufer des Mayerschen Satzes; auch hier ward eine Teilerscheinung des aprioristischen Satzes vom Kausalquantum richtig erkannt.

2) Bei ungleichförmiger Bewegung tritt an Stelle der Geschwindigkeit die Momentangeschwindigkeit.

Digitized by Google

Sätze[1]) der Mechanik überhaupt keine empirischen Aussagen sind. Aber das darf doch nicht hindern, schon hier Form und Inhalt begrifflich zu scheiden.

§ 78. Auf den übrigen Gebieten anorganischer Wissenschaft, die mit den gegebenen Qualitäten der Wirklichkeit zu tun haben, muß nun der Satz vom festen Arbeitswert, wie wir auch sagen können, in irgendeiner Form seine Geltung haben, da aus der Mechanik einmal erkannt ist, daß hier die 'Arbeit' das Tertium comparationis für Anwendung des Satzes vom Kausalquantum sei.

Diesen Schritt in die Qualitätswissenschaften hinein getan zu haben, ist Robert Mayers Verdienst, und seine Leistung ist, von der Priorität abgesehen, eben deshalb bedeutungsvoller als etwa diejenige Helmholtz's, da er ausdrücklich das Qualitative der 'Naturkräfte' qualitativ bleiben ließ, während Helmholtz im Sinne der fiktiv-mechanischen Physik dachte, so daß im Grunde wieder nur die allgemeinen dynamischen Gleichungen, in besonderer Form, gewonnen wurden.

§ 79. Wir setzen unter den vielen vorliegenden Definitionen des ersten Energiesatzes nun eine uns besonders klar erscheinende zunächst hierher:

'Der Arbeitswert aller Wirkungen, welche ein materielles System in seiner Umgebung hervorruft, wenn es aus einem bestimmten Zustand auf beliebige Weise in einen nach Willkür fixierten Nullzustand übergeht, hat einen eindeutigen Wert, ist also unabhängig von der Art des Überganges' (Planck)[2]).

Die 'Energie' erscheint also nur als ein quantitatives Maß; man mißt sie an der Arbeit. Ist ihr Maß einmal $= E$, so bleibt es auch $= E$ im geschlossenen System.

§ 80. Es ist mir völlig unverständlich, wie Neuere (schon Mayer, dann Planck, Mach, zumal Ostwald u. a.) aus diesem Begriff eines Kausalitätsmaßes eine 'Substanz' haben machen können.

Auch kann ich nicht zugeben, daß 'Energie' in irgendwelcher Hinsicht etwas Einfaches, in unmittelbarer Weise Gegebenes sei. Sie ist ein hoch-abstrahierter Begriff, ein Maßbegriff. E. v. Hartmann scheint mir das besonders klar erkannt zu haben[3]). Ein Vorwurf gegen die 'Energetik' liegt nicht darin; aber ich sehe deren Hauptverdienst

1) Nur der Begriff 'Masse' ist empirisch; anders gesagt (s. o.): für 'Quantität' tritt empirisch: 'Massenquantum' ein.

2) Prinzip d. Erh. d. Energ. 1887, p. 99.

3) Weltanschauung d. mod. Physik. Leipzig 1902.

Digitized by Google

nicht in dem starken Hervorkehren dieses einen zusammengesetzten, abstrakten Maßbegriffes, sondern in der Forderung hypothesenfreier, aus dem Gegebenen durch Erweiterung des Wirklichen sich ohne weiteres ergebender, das Qualitative bewahrender Begriffe überhaupt. Hier war schon vor der 'Energetik' Mach der Bahnbrecher (Zusatz 21).

Bedeutet doch im Grunde überhaupt die neueste Wendung der Wissenschaftsgeschichte in gewissem Sinn ein 'Zurück', nämlich zurück zu den für überwunden gehaltenen[1]) 'substantiellen Formen und verborgenen Eigenschaften' des Aristoteles und der Scholastik. Wer das gar zu ungern hört, mag von einer Synthese der aristotelischen und der mathematischen Wissenschaft reden.

§ 81. Ist erkannt worden, daß 'Energie' ein Maß des Arbeitswertes für jede Eigenschaftskategorie, die sich kausal, also verändernd betätigen kann, ist, so erwächst ohne weiteres die Aufgabe, festzustellen, welche Art von Tatsächlichkeit in Hinsicht jeder solchen Qualitätsart denn nun eben als die 'Energie' repräsentierend zu bezeichnen sei, wie sich in den verschiedenen Energiearten die Einheitsquantität jedesmal bestimme, und in welchen Zahlenverhältnissen die Einheitsquanten der verschiedenen Qualitäten zum Einheitsquantum der Arbeit stehen.

Die Ausführung aller dieser Leistungen führt schließlich zu den sogenannten Äquivalenzzahlen, deren erste, nämlich diejenige für das Thermische, schon R. Mayer selbst bekanntlich auffand.

In den Äquivalenzzahlen liegt, wie namentlich Dühring betont hat, der eigentlich naturwissenschaftliche, der empirische Kern des ersten Energiesatzes. Wir warnen aber auch an dieser Stelle wieder besonders davor, den aprioristischen Grundcharakter des Satzes über diesem empirischen Bestandteil zu übersehen.

Mit dem eigentlich Tatsächlichen des Energiesatzes haben wir uns hier nicht einzulassen, wohl aber müssen wir die verschiedenen Energieformen doch darum im einzelnen streifen, da bei manchen derselben recht seltsame begriffliche Schwierigkeiten in Hinsicht der Kennzeichnung ihrer 'Äquivalenz' auftreten.

Diese Schwierigkeiten lassen sich freilich heben und zeigen dann gerade so recht das Aprioristische des Energiesatzes, und zwar zeigen

---

1) Bereits von Newton! Vgl. Vorreden u. Einl. zu klass. Werk. d. Mech. Leipzig 1899, p. 9.

Digitized by Google

sie es darin, daß sich unschwer erkennen läßt, wie eigentlich für jede Energieart in der Tat zuerst der Satz des konstanten Arbeitswertes vorausgesetzt und dann alles Weitere erledigt wird; bei solchem Vorgehen muß dann wohl ein alles umfassender Satz auch für den 'Empiriker' herauskommen.

§ 82. In der Thermodynamik entspricht eine Kalorie 426 Kilogrammetern; das ist ohne weiteres verständlich.

Was ist nun das elektrostatische Äquivalent? Man sagt uns[1]), daß dieses Äquivalent = 1 sei, und das Zutreffende solcher Bemerkung ergibt sich in der Tat aus den definitionsmäßig festgelegten Grundmaßbegriffen ohne weiteres. Aber liegt hier nicht doch eine Schwierigkeit vor? Was bedeutet denn eigentlich 'elektrostatische Energie'?

Diese Schwierigkeit besteht allerdings nicht nur im Gebiete der elektrostatischen Energie, sondern bei jeder Energie, die sich als 'Potential' darstellt, also zumal bei der Gravitationsenergie, der 'Fallkraft'[2]), kurz der 'Distanzenergie':

Wärme und Licht nämlich sind uns ohne weiteres verschiedene Qualitäten; 'Elektrizität', das Elektrisch-sein, und Schwere, das Schwersein nicht. Höchstens, daß wir die Wirkung der Gravitation als einen gewissen Antrieb 'fühlen', was ja mit dazu beitrug, uns den Kraftbegriff als Wirklichkeitselement annehmen zu lassen.

Man hat hier nun den Begriff der 'potentiellen Energie' geschaffen. Was bedeutet dieser? Was wird hier am Arbeitswert gemessen?

Die 'Kraft' im strengen Sinne, gleich der Fähigkeit, einer bestimmten Masse eine bestimmte Beschleunigung zu erteilen, die nach unserer Auffassung als strahlenartig im Raume wirklich zuzulassen ist, stellt nicht einen Arbeitswert dar.

Man macht nun aus der 'Kraft', die man ohne weiteres messen könnte, eine andere Funktion, das 'Potential', derart, daß dieses tatsächlich die von der betreffenden Kraft leistbare 'Arbeit' mißt[3]), nennt dieses 'Potential' 'potentielle' oder 'Distanzenergie', verlegt es

---

1) Vgl. z. B. Planck, Prinzip d. Erh. d. Energ., p. 203.

2) Die 'Gravitation' äußert sich 'mechanisch', ihr Studium gehört aber nicht zur reinen 'Mechanik', vgl. Zusatz 20. Die reine Mechanik kennt das spezifizierte Potentielle nicht, sondern nur beliebig gedachte 'Kraft', gegen die Arbeit geleistet werden kann.

3) Man vergleiche die sehr anschauliche Einführung des Potentialbegriffes bei Dühring: Neue Grundgesetze I, p. 19 f.

Digitized by Google

an den Ort im Raum, von welchem notorisch die 'wirkliche' Kraft 'ausgeht', und konstatiert darauf befriedigt, daß man den Satz von der Energieerhaltung 'bestätigt' gefunden habe.

Natürlich fand man ihn 'bestätigt', dann man hatte ihn vorausgesetzt.

Der Zirkel, in dem man sich hier bewegt, ist ganz offenbar und bleibt bestehen, mag man die Schöpfung des Begriffs des 'Potentiellen' auch etwas anders wenden[1]). Ursprünglich kann man immer erst post factum von 'potentieller Energie' quantitativ reden, kann man sagen: sie sei 'dagewesen', worauf dann freilich die gewonnenen 'Erfahrungen' nach dem Satze 'Gleiche Ursachen — gleiche Wirkungen' für die Zukunft verwertbar sind.

Fern sind wir davon, dieses ganze Vorgehen zu tadeln: im Gegenteil, wir können uns gar keine bessere Bestätigung unserer Behauptung der Apriorität des wesentlichsten Kernes des Energiesatzes wünschen.

Dühring vor allem hat wiederholt Bedenken gegen die Zulassung der potentiellen Energie als einer Realität gehabt und will hier bloß von 'einem eigenartigen Verhältnis' reden[2]). Durch solches Vorgehen aber wird, so dünkt uns, das Wirkliche unvollständig. Wir sehen ja zwar in der 'Energie', dem Arbeitswert, überhaupt nur ein messendes Vergleichsschema, aber daß es dort, wo 'Potentiale' in Betracht kommen, doch überhaupt etwas 'Wirkliches' im Raum 'gäbe' im Sinn eines 'es ist', das leugnen wir nicht. Freilich sind uns 'Kraftstrahlen' das erweitert 'Wirkliche', und das Potential selbst, das heißt die integrierte Kraft, ist uns eben ein zurechtgemachtes Symbol für den Zweck des Arbeitswertmessens, wie ja auch die 'Wärmemenge' nichts anderes, als ein solches Gedankending, zurechtgemacht zum Zwecke des Messens, ist.

§ 83. Im Chemischen gilt alles hier Gesagte in noch viel krasserer Form; chemische 'Energie' 'ist' noch viel weniger unmittelbar als jede andere. Das sogenannte 'chemische Potential' ist erstens ein unglücklich gewählter Ausdruck, da die umgekehrte Proportionalität zu irgendeiner Distanz hier gar nicht in Frage kommt, und ist zweitens eine Größe, die in ihrer Quantität durchaus nur unter voraus-

---

1) In der im Text geschilderten Weise etwa geht die Elektrostatik vor; das Gravitationspotential eines Körpers wird einfach so geschaffen, daß man die Arbeitsgröße, welche nötig wäre, um ihn vom Erdboden auf die Höhe a zu bringen (wo er etwa durch einen Faden befestigt wird), ihm als 'temporäre Eigenschaft' in potentiell-quantitativem Sinne beilegt.

2) z. B. Neue Grundges. I, p. 9. Siehe auch v. Hartmann, Weltansch., p. 108.

Digitized by Google

gesetzter Gültigkeit des Energiesatzes aus verschiedenen meßbaren Veränderungsdaten in jedem Einzelfalle bestimmt wird. Helmholtz' 'freie Energie', die er selbst als potentielle Energie für chemische Prozesse bezeichnet, bedeutet ähnliches. Doch reden wir von allen diesen Dingen und vom Chemischen überhaupt noch, wollen aber doch hier schon kurz andeuten, daß uns im Chemischen durch die 'energetische' Betrachtungsart besonders wenig, nämlich das ihm eigentlich Wesentliche überhaupt nicht, herauszukommen scheint. Irgend etwas muß hier ja natürlich auch 'äquivalent' sein und 'erhalten bleiben'. Man kennt das unmittelbar gar nicht; es wird bestimmt auf Grund der Gleichung $a + b + c = d + e + x$; ein x ist hier natürlich immer zu finden.

Für die 'strahlende Energie' liegt die ganze Äquivalenzfrage besonders im Dunkeln; der Satz Causa aequat effectum muß natürlich auch hier, muß auch z. B. für die Radioaktivität gelten.

§ 84. Gestatten wir uns zum Schluß eine allgemeine, alles 'Potentielle' betreffende Bemerkung. Bei Stallo[1]) findet sich der Begriff der 'konstanten Zentralkraft' ausdrücklich als 'Ding der Unmöglichkeit' abgelehnt. Stallo redet von Chemischem, im besonderen von Molekülen. Es ist klar, daß das Gesagte auf jede Kraft oder jeden Strahl in unserem erweiterten Wirklichkeitssinne, insbesondere also auf 'Potenz- oder Agenspunkte', angewendet werden kann, also auf das 'Potentielle' ganz allgemein.

Wir haben Kräfte und Strahlen in erweitertem Sinne 'wirklich' genannt, insofern sie Orte der Möglichkeit des sinnfällig Wirklichen bezeichnen. Kraft in diesem Sinn ist also nur das örtlich bestimmbare Vermögen, mv (in mechanischem Maße) zu leisten. Es wird aber nicht, wo 'Kraft' 'ist', ohne weiteres mv geleistet. Strahl, z. B. Leuchtstrahl, ist das örtlich bestimmbare Vermögen, leuchtend zu machen (in bestimmtem, auch wohl in mechanischem Äquivalenzmaß ausdrückbarem Quantum). Es wird aber nicht ohne weiteres, wo Leuchtstrahlen sind, leuchtend gemacht.

Damit Kräfte und Strahlen sich betätigen, müssen empfangsfähige Dinge da sein. Aber erst dann kann ja im eigentlichen Sinne von Veränderungen, von Kausalität geredet werden. Auch dann also erst fängt der Energiesatz an, zu 'gelten'!

Gäbe es nur einen Körper von $t°$ Wärme im absolut leeren Raum, so wären als 'Potenzen' örtlich angebbare 'Wärmestrahlen' im

1) Begriffe u. Theorien d. modern. Physik. Leipzig 1901, p. 172.

Digitized by Google

Sinn erweiterter Wirklichkeit da. Aber 'gewirkt' könnte nicht werden, und der Körper würde sich nicht abkühlen. Diese Betrachtungen, diese Unterscheidungen des als Möglichkeiten Wirklichen und des Wirkungs-Wirklichen erledigen vielleicht auch ein von Ostwald[1]) einmal gefühltes Bedenken, wie sie mir das von Stallo geäußerte zu erledigen scheinen.

Jedenfalls beseitigen sie die Schwierigkeit im Begriffe des als Potenz vorhandenen und gleichsam nicht befriedigten chemischen Potentials. Die 'Kraft', der 'Strahl' 'ist' hier nur auf kurze Distanz hin. Er kann nur 'wirken', wenn in diese Distanz ein Empfänger der Wirkung kommt. Das ist empirisch; es ist so.

Und ähnlich kann in jedem Falle trotz der 'konstanten Zentralkraft' als 'Potenz', als 'lokalisierter Möglichkeit', determiniert durch konstante und temporäre 'Eigenschaften', doch der Energiegehalt gewahrt bleiben; da nicht 'gewirkt' wird, kommt Energie, ein Kausalmaß, ein Maß des Wirkens überhaupt nicht in Frage. Die Radioaktivität und ähnliches erledigt sich vielleicht ähnlich, wenn man hier nicht schon mit Annahme einer permanenten energetischen Wandlung von durch (unbekannte) 'Strahlen' empfangener Energie auskommt oder, wie es neuestens beliebt ist, in 'subatomischer' potentieller 'Energie' eine durchaus beliebig groß — eben so groß, wie man sie 'braucht' — zu denkende Energiequelle postuliert, damit die bejahungsnotwendige Natur des Energieerhaltungssatzes und das Zirkelhafte seiner empirischen Anwendung recht eindringlich dokumentierend[2]).

Für die strahlende 'Energie' folgt aus diesem allen nun wohl, daß sie eben den Namen Energie noch weniger als andere 'Energien' verdient. Energie ist hier nicht einmal ein Maß, denn am 'Strahl' wird gar nichts gemessen. Gemessen wird erst, wenn die strahlende Energie wieder 'verwandelt' ist, dann aber sind auch die üblichen 'Energieformen' wieder da[3]).

---

1) Allgem. Chemie II, p. 1017, Text u. Anm. 2.

2) Man vergleiche die zusammenfassenden Darstellungen von K. Hofmann (Die radioaktiven Stoffe, Leipzig 1903) und J. Stark (Dissoziierung und Umwandlung chemischer Atome, Braunschweig 1903). — Wenn Radiumpräparate stets wärmer als ihre Umgebung sind, so kommt in dieser Hinsicht natürlich nicht der erste, sondern der 'zweite' Hauptsatz in Frage; wir werden später einsehen, daß sich auch im Bereich dieses stets eine Erledigung der Sachlage finden läßt.

3) v. Hartmann (Weltansch., p. 116) sagt treffend, in seiner Sprache, der Strahl als solcher habe 'gar keine Erscheinungsform', und auch Ostwald erkennt die hier waltenden Dunkelheiten an, wenn er sagt, daß 'strahlende Energie' jedenfalls nicht Licht, nicht Elektrizität, nicht Wärme sei.

Digitized by Google

§ 85. Fassen wir unsere Ergebnisse über den 'ersten Hauptsatz der Energetik' endlich zusammen:

'Energie' ist ein Maß für ursächliches Geschehen, sie bestimmt den 'Arbeitswert'. 'Der erste Hauptsatz' muß gelten, empirisch ist an ihm nur, in Hinsicht auf welche physikalische Größen er gilt. Gibt es scheinbare Ausnahmen von ihm, so muß und kann die Sachlage immer so gewendet werden, daß doch seine Gültigkeit herauskommt: das ist z. B. mit allem, was von Potentiellem handelt, der Fall; 'potentielle Energie' ist also ein dem aprioristisch feststehenden ersten Hauptsatz zuliebe ersonnener Ausfüllbegriff.

2. 'Energiefaktoren'.

§ 86. Ehe wir weiter den Formen nachgehen, welche die Grundsätze der reinen Naturwissenschaft im Empirischen zeigen, müssen Betrachtungen über Dinge eingeschaltet werden, welche sich gewissermaßen als weitere Ausführung mancher Teile unserer Naturschematik, also des Inhaltes unseres ersten Kapitels, darstellen.

Wir müssen in die sogenannten 'Faktoren der Energie' einen tieferen Einblick tun, nachdem wir erkannt haben, daß Energie nichts Einfaches, überhaupt nichts im unmittelbaren oder erweiterten Sinne dinglich Gegebenes, sondern nur ein Maß ist, und daß das eigentlich 'Wirkliche' gerade in ihren 'Faktoren' besteht.

a. Energie und Körper.

§ 87. Scheye[1]) hat einmal bemerkt, der strenge Energetiker dürfe eigentlich nicht sagen, daß Energie von einem 'Körper' zum andern übergehe. Das Körperliche, die 'Masse', sei doch nur ein Faktor einer bestimmten Energieart.

Diese Konsequenz erscheint in der Tat als nicht mit Unrecht für den strengen 'Energetiker' gezogen. Wem sie seltsam erscheint, der empfindet damit einmal das Gekünstelte einer Auffassung, welche ein Maß hypostasieren möchte, er empfindet zum andern, daß alle energetischen Aussagen zum mindesten gewisser Ergänzungen bedürfen, welche nicht 'energetisch' sind; es geht nun doch einmal praktisch stets Energie von einem Körper zum andern über.

'Dinge' sind feste Kombinationen temporärer oder, im vertieften Sinne, konstanter 'Eigenschaften', und diese Eigenschaften bestehen

1) Annal. d. Naturphil. I, p. 45.

Digitized by Google

eben in letzter Linie in 'Kräften' qualitativer Art, in 'Potenzen'. Die 'Dinge' sind Kraftausgänge, Strahlausgänge, allgemeiner: Potenzbesitzer, und es ist nun einmal so, daß das 'Masse' Genannte so oft zu diesen Potenzen gehört, daß Masse praktisch als dem Dingbegriff wesentlich erscheint, und also praktisch jedes Ding 'Körper' ist. Wir haben zwar oben schon darauf hingewiesen, daß das reelle, von einem Hohlspiegel entworfene Bild, ja, daß jedes virtuelle Spiegelbild für die unbefangene Auffassung auch ein 'Ding', aber kein 'Körper' sei, daß es alle Kriterien des 'Dinges' habe; aber alle Phänomene dieser Art haben sich, wie wir sahen, bisher in einheitlicher Form aus der 'wissenschaftlichen' Welt eliminieren lassen.

Praktisch gehen also 'Energien' von einem 'Körper' zum andern 'über', das heißt die 'Körper', die massigen 'Dinge', übertragen sich Eigenschaften, deren Kausalrolle in Energiemaß auszudrücken ist.

So 'ist' denn also 'Energie' allenfalls, wenn man nämlich von 'ist' hier reden will, praktisch, d. h. untersuchbar, nur an Körpern.

Wie das kommt, anders: worauf es beruht, daß Energie tatsächlich 'von einem Körper zum andern übergeht', das ist eines der Probleme, welche das Studium der 'Energiefaktoren' aufzuklären hat. Wie viele andere das Spezifische betreffende Probleme kommen aber zu diesem einen noch hinzu!

b. Ältere Zerlegungsarten der Energie.

§ 88. Die neuere Energetik (Helm, Ostwald) unterscheidet an jeder Energieart einen Intensitäts- und einen Kapazitäts- oder Extensitätsfaktor.

Dadurch, daß Faktoren der Energie hier unterschieden werden, unterscheidet sich die neuere Leistung ganz wesentlich von älteren Zerlegungsversuchen der Energie und von einem neueren, welche Summanden der Energie unterscheiden.

§ 89. Die auf Rankine zurückgehende Zerlegung jeder Energieart in aktuelle und potentielle Energie kann nur insofern Bedeutung haben, als 'aktuelle' Energie das Kausalmaß da, wo wirklich gewirkt wird, genannt werden kann, 'potentielle' Energie aber da, wo, wie das aprioristische Schema vom Kausalquantum lehrt, gewirkt worden ist und daher gewirkt werden 'könnte'. Viel besagt das nicht, und mit Recht sagt Ostwald[1]) einmal, daß in gewissem Sinne jede Energieart in bezug auf jede andere potentiell sei; jedenfalls aber ist

1) Allg. Chem. II, p. 12.

Digitized by Google

nicht etwa jede Energieart, so wie die mechanische, in eine aktuelle und eine potentielle 'Modalität' zu zerlegen.

§ 90. Helmholtz' Unterscheidung 'gebundener' und 'freier' Energie bezog sich im Sinn ihres Autors nur auf chemische und aggregative Vorgänge, und es war nicht zu ihrem Vorteil, daß man sie später in unbestimmter Form erweiterte.

Freie Energie nennt Helmholtz[1]) den 'freier Verwandlung in andere Arbeitsformen fähigen Teil der Verwandtschaftskräfte', gebundene Energie den 'nur als Wärme erzeugbaren Teil'. Bei Prozessen, die 'von selbst' geschehen, nimmt ersterer Teil ab; die Werte der freien Energie entscheiden also über den Sinn der Tätigkeit der chemischen Verwandtschaft; darauf kommen wir später.

Was hier gemeint ist, erscheint zumal im Negativen ganz klar: von Energiearten, von Qualitäten ist überhaupt nicht die Rede. Die Begriffe 'freie' und 'gebundene' Energie sind Kollektivbegriffe, deren Summe die Gesamtenergie des Systems ergeben soll. Von Fall zu Fall können sie verschieden zusammengesetzt sein, wobei Plancks Prinzip der 'Superposition' der Energien[2]) in Frage kommt.

Die verschiedenen Energiearten, welche jene Kollektivbegriffe zusammensetzen, sind fast alle von jener unfaßbaren, vom Wirken der Dinge 'untereinander' abstrahierten Art; 'Affinität', aber auch die sogenannten Volum- und Oberflächenenergien spielen eine Rolle dabei.

Man muß sich besonders hüten, den Begriff der gebundenen Energie etwa mit der 'entwerteten' Energie oder gar mit der 'Entropie' zu verwechseln. Alles das ist geschehen; wie denn überhaupt das ganze Gebiet der Energetik sehr daran leidet, daß Begriffe, die ihr Autor in klarem Sinn einführte, später von andern in ganz anderem Sinne verwandt und gewissermaßen beliebig umhergeworfen worden sind.

Unsern hier gepflogenen Bestrebungen nützen die Helmholtzschen Begriffe nicht allzuviel; um das Wesen der aggregativen und chemischen Änderungen wirklich zu decken, sind sie viel zu allgemein, und zu tieferem Einblick in die unmittelbaren oder erweiterten Wirklichkeitsbegriffe führen sie auch nicht. An späterer Stelle haben wir auf ihre speziellere Seite zurückzukommen.

---

1) Klassiker d. ex. Wiss. Nr. 124.
2) Prinzip d. Erh. d. Energ. 1887.

Digitized by Google

c. Die Zerlegung in Faktoren.

§ 91. Wir gehen nun zunächst auf die Zerlegung der Energie in Faktoren etwas näher ein:

Daß die mechanische Energie in Bewegung befindlicher Körper sowohl in $mv \cdot \frac{v}{2}$ wie in $m \cdot \frac{v^2}{2}$ zerlegt werden kann, ist sachlich klar. Die Größe mv heißt Bewegungsgröße und spielt eine besondere mechanische Rolle.

Schon hier zeigt sich, daß die Bildung von Energiefaktoren durchaus nicht beliebig ist, daß es sich überhaupt in Wirklichkeit nicht um eine 'Zerlegung' der Energie in Faktoren, sondern um Zusammensetzung des Energiemaßes aus Faktoren handelt.

Warum zerlegt man denn $\frac{m}{2} v^2$ nicht in $4\, m \times \frac{v^2}{8}$ oder in $\frac{mv}{4} \times 2\, v$?

§ 92. Der Aufbau der Arbeit, also des Tertium comparationis für alle Energiebewertung, aus Kraft mal Weg ist klar.

Potentielle Energie ('Distanzenergie'-Ostwald) wird in einfachsten Lagen, z. B. in Hinsicht auf das 'Fallen', ohne weiteres durch die zu ihrer Schaffung aufgewendete 'Arbeit' gemessen und hat dann deren 'Faktoren', in komplizierteren wird sie durch das sogenannte Potential bestimmt, d. h. durch eine der Entfernung der aufeinander wirkenden Körper umgekehrt proportionale Funktion: $V = \frac{mm_1}{r}$ oder $\frac{1}{r}$, wenn die Massen $= 1$ sind ('Einheitspotential'). Der Differentialquotient des Potentials ergibt die 'anziehende Kraft': $\frac{d\left(\frac{mm_1}{r}\right)}{dr} = -\frac{mm_1}{r^2}$; das ist das Newtonsche Gesetz; das Einheitspotential kann hier als Intensitäts-, das Massenprodukt als Kapazitätsfaktor gelten.

§ 93. Die in der Elastizitäts- und Kapillaritätslehre eine messende Rolle spielenden, von Ostwald so genannten 'Volum'- und 'Oberflächenenergien' reduzieren sich im Grund auf besondere Formen der durch die aufgewendete 'Arbeit' gemessenen potentiellen mechanischen Energie[1]), deren Kapazitätsfaktor (die Strecke) hier zwei-

1) Vgl. auch Auerbach, Kanon der Physik, p. 189; hier Näheres über die zugehörigen Intensitätsfaktoren.

Digitized by Google

beziehungsweise dreidimensional wird. Gerade hier erscheinen die 'Eigenschaften' der körperlichen Dinge, z. B. das 'Elastischsein', also die Fähigkeit, empfangene Arbeit (Deformation) ohne weiteres wieder als solche leisten zu können, viel wesentlicher als der Umstand, daß Quantitäten dabei gewahrt bleiben. Das eigentlich 'Energetische' ist hier gerade das, was die gegebenen, 'wirklichen' Sonderheiten der Phänomene eher verschleiert als hervortreten läßt.

§ 94. Die Wärme wird in ungezwungener Weise in Temperatur mal spezifischer Wärme zerlegt, wo spezifische Wärme diejenige Wärmemenge ist, welche 1 kg Wasser von 0° auf 1° C erwärmen kann. Auch hier liegt logisch nicht eine Zerlegung des Begriffs Wärme, sondern ein Aufbau, eine Schöpfung des Begriffs Wärmemenge aus den Begriffen Temperatur und spezifische Wärme vor.

d. Exkurs über 'Entropie'.

§ 95. Es ist nun leider die Lehre von den Faktoren der Wärme nicht so einfach geblieben, und hier ist der Punkt, wo wir uns zum ersten Male mit einem der dunkelsten Begriffe der modernen Physik befassen müssen: dem Begriff der 'Entropie'.

Clausius hat den Entropiebegriff unter dem Titel des 'Verwandlungswertes' der Wärme eingeführt, ihn aber nur mathematisch, als charakteristische Funktion umkehrbarer Kreisprozesse, als $\int \frac{dQ}{T} = S$ definiert[1]).

Helmholtz hat dann, soviel ich weiß, zuerst, bei Gelegenheit seiner Begriffe der freien und gebundenen Energie, etwas in Worten über die Entropie auszumachen gesucht. Er hatte in seiner Gleichung $f = U - \mathcal{J} \cdot \vartheta \cdot S$[2]) die gebundene Energie gleich der Temperatur (ϑ) mal der 'Entropie' (S) mal der Äquivalenzzahl ($\mathcal{J}$) 'gesetzt', und folgerte daraus durch verschiedene Überlegungen, daß die Entropie 'die Wärmekapazität für die auf Kosten der freien Energie bei adiabatischem Übergang erzeugte Wärme' sei[3]).

Hier erscheint zum ersten Male die Entropie als 'Kapazitätsfaktor' der Wärme. Nun sollte aber doch ganz allgemein die sogenannte spezifische Wärme der Kapazitätsfaktor sein?

---

1) $\pm dQ$ = ab- oder zugeführte Wärmemengen; T = absolute Temperatur.

2) f = 'freie Energie'. U = Gesamtmenge. $\mathcal{J}$ = mechan. Wärmeäquivalent. ϑ = absol. Temp. S = Entropie.

3) Klassiker Nr. 124, p. 33.

Digitized by Google

Ostwald gab anfänglich[1]) die spezifische Wärme für den Kapazitätsfaktor der Wärme bei Prozessen mit veränderlicher Temperatur, die Entropie für jenen Faktor bei isothermischen Prozessen (Schmelzen, Verdampfen usw.) aus. Helm aber nannte ganz allgemein die Entropie den Kapazitätsfaktor der Wärme[2]), und ganz neuerdings[3]) hat sich Ostwald dem angeschlossen.

Ja Auerbach[4]) will gar ganz allgemein jeden Kapazitäts- (Extensitäts)-Faktor von Energie überhaupt Entropie nennen.

Es ist angesichts dieser Sachlage sehr auffallend, daß lange Zeit auch nicht ein Forscher auf den Gedanken kam, in Worten einmal ganz klar zu machen, was eigentlich 'Entropie' in der 'Wirklichkeit' bedeute.

Das zu leisten ist nun zuerst von Wald[5]) versucht, und im Anschluß an seine zu wenig beachtete Abhandlung von E. v. Hartmann[6]) weitergeführt worden,

§ 96. Aus den beim Carnotschen Kreisprozeß gewonnenen Gleichungen $\frac{Q_3}{T_3} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$ usw. konstruierte Wald die schließliche Gleichung .... $= \frac{Q_0}{1}$, welche resultieren würde, wenn man sich den Kreisprozeß bis auf 1° absoluter Skala[7]) fortgesetzt denkt.

Die Größe $\frac{Q_0}{1}$ setzt er $= S$. Jede ab- oder zugeführte Wärmemenge hat dann das ihr entsprechende S. S ist die auch bei Fortsetzung des Kreisprozesses auf 1° nicht in Arbeit verwandelbare Wärmemenge. Wald führt für sie den Namen 'reduzierte Wärmemenge' ein.

---

1) Allgemeine Chemie II.

2) Auch Mach stellte (Mech. in ihr. Entw., 2. Aufl., p. 469, Wärmelehre p. 332), ohne von Faktoren zu reden, die Entropie ausdrücklich mit der Elektrizitätsmenge, einer 'Kapazität', in logische Parallele.

3) Vorles. über Naturphilos.

4) Kanon d. Physik.

5) Die Energie und ihre Entwertung. Leipzig 1889.

6) Weltanschauung d. mod. Phys.

7) 'Absolute Temperatur' ist uns natürlich nur ein übertragener Ausdruck; es ist nicht in phänomenologischem Sinne sinnlos, von — 20° 'absoluter Skala' zu reden. Es handelt sich hier um einen rein schematischen Begriff.

Die Skala selbst braucht hier nicht die Celsiusskala, sondern kann beliebig gewählt sein; 1° kann z. B. den Schmelzpunkt des Wassers, 2° also 273° der Celsiusskala bedeuten. Hierdurch wird dem Vorstellungsvermögen entgegengekommen. Vgl. Wald, l. c. p. 74.

Digitized by Google

§ 100. Nach allem diesen ist nun die 'Entropie' wieder zu dem geworden, was sie bei Clausius war: zu einer charakteristischen Maßfunktion für rein und wahrhaft Thermodynamisches, die sich zwar, wie Wald gezeigt hat, auch begrifflich fassen läßt, die aber doch eigentlich nur eine rechnerische Bedeutung hat. Sie ist kein Kapazitätsfaktor, sie ist ein Maß der Entwertung der Wärme. Doch davon reden wir erst später; und auch später kommen wir auf die Vorgänge des Schmelzens, Verdampfens usw. eingehender zurück.

Auerbachs Vorschlag, 'Entropie' allgemein als den einen Faktor der Energie einzuführen, erscheint uns natürlich ganz unannehmbar; sie ist vielmehr ein Maß für einen Summanden der Energie, und ihr eigentliches Bereich ist nur die Thermodynamik.

Der Leser wird es vielleicht tadeln, daß wir an dieser Stelle unseres Buches eine so breite Erörterung über den Entropiebegriff eingeflochten haben, wo doch der 'zweite' energetische Hauptsatz erst später zur Erörterung gelangen wird; unser Vorgehen erscheint aber als berechtigt, wenn man erwägt, wie tief die Auffassung der 'Entropie' als einer 'Kapazität' der Wärme eingewurzelt ist. Hier mußten wir Klarheit schaffen; wenn wir damit schon folgendem vorarbeiteten — um so besser.

e. Die Zerlegung in Faktoren. Fortsetzung.

§ 101. Bei der sogenannten 'strahlenden Energie' kann von irgendwie allgemein anerkannten Faktoren gar nicht die Rede sein. Selbst derjenige Forscher, der sich am meisten um die Faktorenfrage bemüht hat, Ostwald, wechselte hier bisher, mit sehr anerkennenswerter Offenheit, wiederholt seinen Standpunkt.

Uns kann diese Sachlage nicht wundernehmen: nach unserer Auffassung (s. S. 53) 'ist' zwar im Sinn erweiterter Wirklichkeit der qualitativ und räumlich gekennzeichnete Strahl als allgemeine Naturpotenz, aber 'Energie' 'ist' erst, d. h. von dieser Maßgröße ist erst zu reden, wenn gewirkt wird, aber dann reden wir von ihr am Ursachs- und am Effektsort, nicht an Orten dazwischen.

§ 102. Für die Elektrizität wird die sogenannte Elektrizitätsmenge als Extensitätsfaktor, das Potential im früher definierten Sinn als Intensitätsfaktor angesehen; das Potential muß natürlich stets als 'Einheitspotential' gefaßt werden. Die Ortsveränderung elektrischer Energie im Raume kann nach üblicher Auffassung ohne oder mit gleichzeitiger

Digitized by Google

Massenbewegung stattfinden. Eigentlich 'gegeben'[1]) ist sie uns als Bewegung von wirklich 'Elektrischem' immer nur, wenn sie mit Massenbewegung verbunden ist, sonst wird sie nach dem Energieschema erschlossen und gehört in die Rubrik der 'Strahlung'. In der fiktiven Sprache heutiger Wissenschaft können die in Betracht kommenden Massen 'Ionen' sein; es ist seltsam, daß man hier noch keine unfiktive Wendung der Sachlage gefunden hat: man schaffte die 'Atome' und 'Moleküle' im korpuskularen Sinne hinaus und brachte die 'Ionen' an ihre Stelle!

Wir haben keine Veranlassung, näher auf Fragen der Elektrizitätslehre und der verwandten Gebiete einzugehen, und wollen uns an dieser Stelle unserer Schrift auch über das Chemische kurz fassen:

§ 103. Die Menge und das sogenannte chemische Potential gelten hier als Kapazitäts- und Intensitätsfaktor. Es ist klar, daß diese beiden Faktoren ganz besonders wenig besagen: das Wort Menge drückt eine Proportionalität zu dem aus, was sonst 'Masse' heißt, aber mit jeweiliger Berücksichtigung des qualitativ, d. h. eben 'chemisch' Spezifischen, und das 'chemische Potential'[2]) ist erstens, wie schon früher erörtert, kein Potential im Sinne der klaren mechanischen Definition und ist zweitens mehr als alle andern Kapazitätsfaktoren ein bloßer, auf Basis der aprioristischen Überzeugung von der Gültigkeit des Kausalquantensatzes erfundener Ausfüllbegriff; vom alten Affinitätsbegriff ist hier sowohl im Kapazitäts- wie im Intensitätsfaktor etwas vorhanden.

f. Allgemeine Charakteristik der Faktoren.

§ 104. Allgemeinere Betrachtungen über die Faktoren der Energie knüpfen wir zunächst an die Kapazitätsfaktoren.

Bloße Ausfüllbegriffe sind diese alle in höherem oder geringerem Grade, wenigstens ist keiner von ihnen unmittelbar, alle sind sie geschaffen:

Für Konstatierung der Masse ist wenigstens das Gewicht ein unmittelbar Gegebenes; relative Massen sind sogar unmittelbar gegeben. Die Wärmekapazität wird, sobald es sich überhaupt um 'Warmes' als

1) Auch solches natürlich nur im Sinne 'erweiterter Wirklichkeit'; einen 'elektrischen Sinn' besitzen wir nicht.

2) Es ist natürlich ein 'Einheits'-Potential.

Digitized by Google

gegebene Tatsächlichkeit handelt[1]), stets erschlossen nach dem Schema $ct = xt_1$, wo es sich beide Male um Masseneinheiten handelt, und wo c durch Definition festgelegt, t und t_1[2]) durch Messung bekannt sind. In klarster Form ist der Kausalquantensatz hier voraus-gesetzt. Ganz Entsprechendes gilt von der Elektrizitätsmenge, gemessen werden hier Potentialdifferenzen. Die chemische Menge ist praktisch die Masse des Wirksamen.

§ 105. Die Intensitätsfaktoren sind allemal das 'sinnlich' und im Sinn erweiterter Wirklichkeit Gegebene und Gemessene, wo es solches überhaupt gibt[1]). Begrifflich sind sie recht verschiedene Dinge: die Geschwindigkeit ist in der Tat eine wahre 'Eigenschaft', die neu zum Kapazitäts-, nämlich dem Massenbegriff, hinzutritt. Aber die Temperatur und das Potential der Elektrik sind, für sich betrachtet, reine Zahlen, die qualitativ dem im 'Kapazitätsfaktor' Niedergelegten, wie erörtert, aus der bloßen Tatsächlichkeit des 'Warmen' oder 'Elektrischen' Abgezogenen nichts hinzufügen. Anläßlich der Erörterungen über Entropie und Temperatur streiften wir ja diese Frage schon: wenn spezifische Wärme eben schon eine 'Wärmemenge' ist, so sagt Temperatur nur aus: 'so viel Wärmemengen'; und wenn die Elektrizitätsmenge 1 diejenige Elektrizitätsmenge bedeuten soll, die im Abstand 1 das Potential 1 erzeugt, so ist sie eben schon eine elektrische Energie und kann, um andere Quanten solcher Energie auftreten zu lassen, nur mit Zahlen multipliziert werden.

Das chemische sogenannte Potential ist natürlich keine bloße Zahl, es ist sogar etwas sehr seltsames Neues: in ihm kommt das eigentlich Chemische überhaupt erst qualitativ zum Ausdruck.

Im übrigen sei gerade an dieser Stelle vor allem auf Ostwalds Darlegungen hingewiesen; viele bedeutsame Hinweise auf Charakteristika seiner Faktoren finden sich gerade bei ihm, wie wir denn trotz manchen Widerspruches, zumal gegen das angeblich Fundamentale des Energiebegriffs, seine Ausführungen ganz besonders hochschätzen.

g. Sonderheiten der Energie-'Arten'.

§ 106. An die Erörterung über die Besonderheiten der Intensitätsfaktoren schließt sich passend eine kurze Bemerkung über gewisse,

1) Würde eine eigentlich 'sinnesphysiologische', tatsächlichkeitskritische Analyse hier unsere Aufgabe sein, so wäre natürlich noch tiefer zu untersuchen, inwiefern denn eigentlich 'Warmes' 'gegeben' ist, und wie sich dieses unmittelbar Gegebene zu den thermischen Faktoren stellt.

2) t und t_1 sind Temperaturdifferenzen.

Digitized by Google

den verschiedenen 'Energiearten' oder Ursachsarten eigene Kennzeichen an, die in den 'Faktoren' an und für sich überhaupt nicht recht zum Ausdruck kommen:

Die Richtung kennzeichnet z. B. spezifisch die mechanische Energie, die besondere Neigung zur 'Zerstreuung' kennzeichnet die Wärme, das Auftreten in je zwei zugeordneten entgegengesetzt gleichen Teilen kennzeichnet Elektrik und Magnetismus.

Will man, was wir allerdings für wenig inhaltreich halten, von 'strahlender Energie' reden, so ist neben der 'Polarisierbarkeit' ihr Rhythmus, die bestimmte Periodizität ihres Auftretens, gleichsam ihres Ausgestoßenwerdens zu erwähnen; diese Periodizität ist bekanntlich meßbar und wird in der fiktiven Physik durch die Fiktion des schwingenden Äthers dargestellt. Es ist ein hohes Desiderat, daß die neuere unfiktive Physik die Tatsachen der Strahlung rein begrifflich, aber vollständig darstelle; möchte uns Mach doch noch eine Kritik der Physik der Strahlung schenken!

Die 'Energetik' als solche kann gar keine Vollständigkeit liefern, wie sich schon daran zeigt, daß alles soeben von uns Berührte in ihren 'Faktoren' gar nicht zum Ausdruck kommt.

Erst recht zeigt sich dieser Mangel im Chemischen: Da wir auf die chemischen und die ihnen verwandten aggregativen Phänomene an späterer Stelle dieser Schrift zu besonderem Zwecke noch näher einzugehen haben, so beschränken wir uns hier wieder auf einiges sehr Allgemeine:

§ 107. Daß chemisches Geschehen nur in fest bestimmten quantitativen Abstufungen, nicht aber stetig vor sich gehen kann, ist eine geläufige Tatsache, die von Mach[1]) einmal besonders treffend formuliert worden ist; in den chemischen Lehren von den 'Proportionen' und den Valenzen kommt sie zum Ausdruck, Lehren, bei denen man an Atome und Moleküle durchaus nicht zu denken braucht. Die Energetik und ihre Faktoren sagen darüber natürlich gar nichts, man müßte denn so viele verschiedene Energiearten und Faktoren unterscheiden, wie es paarweise zugeordnete aufeinander wirken könnende Stoffe (nicht 'Elemente') gibt. Die sogenannte chemische Statik und Dynamik, die sich an das Massenwirkungsgesetz und Verwandtes anschließt, sagt immer nur aus über Dinge, die gerade das Wesentliche des Chemischen nicht trifft: freilich kommt in Form einer 'Konstanten' dieses Wesentliche ja scheinbar mit in Rechnung, aber

1) Prinzip der Wärmelehre, p. 358 ff.

Digitized by Google

daß diese Konstante so ganz besonderer Art ist, das erscheint in den Gleichgewichtsgleichungen nicht.

Das alte Wort 'Affinität' sagte hier viel mehr; es sagte zumal das Charakteristische, daß nämlich diese Stoffart hier nur auf diese und jene andere Stoffart wirken könne, und zwar so, daß ganz Spezifisches dabei erscheint.

§ 108. Einen 'Arbeitswert' repräsentieren ja freilich die chemischen Geschehnisse, und zwar, worauf Stallo einmal (p. 323) eindringlich hinweist, haben sie ein ganz außerordentlich hohes mechanisches Äquivalent, für die Verbindung von 1 g Wasserstoff und 35,5 g Chlor beträgt es rund 10000, d. h. 10000 kg könnten durch die frei werdende Energie 1 Meter hoch gehoben werden. Aber viel sagte uns die Ermittlung solchen Arbeitswertes, dessen absoluter Betrag natürlich ganz vorwiegend auf Rechnung des 'chemischen Potentials' käme, wirklich nicht.

§ 109. Mehr ins wahrhaft chemisch Charakteristische dringen gewisse Ermittlungen über Abhängigkeiten der Umsatz-Geschwindigkeit und -Quantität von der sogenannten 'Konstitution' der Verbindungen und ähnliches. Auch hier ist man aber von einer scharfen Erfassung des Spezifischen der chemischen Beziehungen, also des eigentlich 'Affinitiven', noch weit entfernt, und es ist z. B. eine entschiedene Verirrung, die Dissoziationskonstante k bei 'ionisierten' Verbindungen ohne weiteres als Maß der Affinität zu bezeichnen. Doch werden wir auch auf diese Frage später in anderem Zusammenhang eingehend zurückkommen.

Leider steht ja die Chemie zumeist noch durchaus auf dem Boden korpuskular-atomistischer Metaphysik; sollte es dem energischen Vorgehen Walds[1]) wirklich gelingen, die gesamte Chemie von altererbten, unhaltbaren Fiktionen gründlich zu säubern und gleichsam neu zu errichten, so würde wohl der eigentliche Kern alles Chemischen endlich eindeutig und klar zum Ausdruck kommen. Die Atomtheorie gab ja zwar dem eigentlich 'Chemischen' Ausdruck, aber wie!

Aus der Atomtheorie und aus der Energetik wird das Beste zu entnehmen sein, um eine wahre Chemie zu schaffen: aus ersterer vorwiegend das Tatsächliche, aus letzterer vorwiegend die klareren Begriffe.

---

1) Vgl. Walds Abhandlungen in der Zeitschr. f. physikal. Chemie; vornehmlich Bd. 18, 19, 23, 24, ferner die allgemeinen Aufsätze in Annal. Naturphil. Bd. I.

Digitized by Google

§ 110. Bei Aggregatsänderungen kehren in etwas vereinfachter Form die Probleme des Chemischen wieder; auch hier sagt das bloß Energetische viel zu wenig, wie wir schon anläßlich unserer Erörterung über die 'latente Wärme' einsahen.

Sind doch Eis, Wasser und Wasserdampf für die unbefangene Forschung drei verschiedene 'Stoffe', mögen sie auch gleiche 'Zusammensetzung' haben, was übrigens in Strenge gar nicht einmal der Fall ist (Wasser H_2O, Eis $(H_2O)_n$). Auch hier werden die von Wald angebahnten Gedanken weiterhelfen.

§ 111. Zum Schluß mag mir hier noch gestattet sein, auf unsere in der naturschematischen Einleitung vorgenommene dynamische Auflösung des Materienbegriffs hinzuweisen: Wo bei H_2SO_4 die beiden H seien, da sei, wenigstens soweit 'Additives' in Frage kommt, auch S und da seien auch die 4 O, sagten wir; tatsächlich sei 'da' überhaupt etwas anderes, nämlich Schwefelsäure. Das 'da sein' als solches aber, im Sinne geklärten erweiterten Wirklichkeitsbegriffes, sei letzthin ein Dasein von Konstanten oder, noch allgemeiner, von Potenzstrahlausgängen.

In diesem Zusammenhang ist chemische Umsetzung ein vom Spezifischen auf Spezifisches gehender und zu Spezifischem führender springender Wechsel von Potenzkombinationen. Das Wesentlichste, was sich über sie eruieren läßt, ist systematisch und hängt an der Spezifität der Konstanten; kausalquantitativ (energetisch) läßt sich als Wesentlichstes nicht viel mehr als eine Proportionalität des Quantums des Geschehens und damit des Arbeitswertes zur Menge der 'Umsetzung' ausmachen.

§ 112. Unsere Erörterung über besondere Eigenarten der Faktoren der verschiedenen 'Energiearten' ist hiermit beschlossen. Sie führte zur Einsicht, daß Eigenart dieser Faktoren eigentlich gerade das wesentlichst Unterscheidende der Energie-'Arten' sei.

Wenn daneben bisweilen Parallelerscheinungen zwischen dem funktionalen Verhalten entsprechender 'Faktoren' verschiedener Gebiete aufgefunden worden sind, so ist es nicht schwer, deren Möglichkeit zu begreifen;

Es hat z. B. Mach darauf hingewiesen[1]), daß der Formel vom ökonomischen Koeffizienten der Wärme $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$, wo es sich um

1) Prinzip der Wärmelehre, p. 330.

Digitized by Google

Temperaturen handelt, in der Elektrik für Potentiale die Formel $\frac{V_1 - V_2}{V_1}$ entspricht.

Sahen wir doch ein, daß gerade Temperaturen und elektrische Einheitspotentiale reine Zahlen sind; da verstehen wir wohl diese Analogie; später werden wir sie noch besser verstehen.

h. Kapazitätsfaktoren und Masse.

§ 113. Auf Grund ihres Verhältnisses zur 'Masse' lassen sich die verschiedenen Kapazitätsfaktoren gewissermaßen systematisieren. Einer von E. v. Hartmann aufgestellten Klassifikation dieser Art[1]) schließen wir uns passend frei an: Der mechanische Extensitätsfaktor ist von der Qualität der Masse unabhängig, repräsentiert aber in allgemein-quantitativer Beziehung recht eigentlich diese selbst. Bei chemischer Energie ist die Kapazität der Quantität der Masse proportional; alles Qualitative wird hier teils in den Intensitätsfaktor, das 'chemische Potential', verlegt, teils aber im Kapazitätsfaktor schon vorausgesetzt.

Bei der Wärme ist der im Realfall vorhandene Kapazitätsfaktor eines Körpers als 'Wärmewert' auch der Masse proportional, aber daneben, als 'Wärmewert der Masseneinheit', als 'spezifische Wärme' von ihrer Qualität abhängig.

Bei dem Kapazitätsfaktor echter elektrischer und magnetischer Energie besteht keine Proportionalität zur Masse, aber doch ein Verbundensein mit ihr; bei strahlender Energie, will man einmal von solcher reden, besteht nicht einmal dieses.

§ 114. In diesen durchaus empirischen Sätzen ist recht eigentlich die Begründung für jenes Faktum enthalten, mit dessen Erörterung wir dieses Kapitel eingeleitet haben, für die Tatsache nämlich, daß realiter 'Energie' von einem Körper zum andern übergehe: mit Ausnahme der 'strahlenden Energie', welche eine Energie nur ganz uneigentlich 'ist', das heißt, welche nur als Ausfüllbegriff so genannt wird, hat jede 'Energieart' zur Masse zum mindesten lose, meist sehr feste, geradezu proportionale Beziehungen; auch elektrische Energie hat, falls im Sinh eines 'Gegebenen' von ihr die Rede sein kann, stets eine solche. Alle diese empirischen Beziehungen der 'Energiearten' zur Masse haften nun nicht nur den 'Energie'-Arten als solchen, sondern selbst den Faktoren an und für sich gar nicht

1) Weltanschauung, p. 6.

Digitized by Google

als eigentlich 'energetische' Charakteristika, sondern als Eigenschaften durchaus spezifischer, besonderer Art an, ganz ebenso wie alles im vorigen Teilabschnitt über Faktorensonderheiten Ausgesagte. Wenn man will, kann man hier ja von 'Maschinenbedingungen' reden und sagen, daß das empirische körperliche 'Übergehen' der Energie eben auf solchen beruhe, — nur vergesse man nicht, daß diese 'Maschinenbedingungen' nicht zu extensiven, sondern zu intensiven Naturgrößen gehören, daß sie die intime Charakteristik letzter Agenzien der zur wissenschaftlichen Stufe erweiterten Wirklichkeit ausmachen.

i. 'Erhaltungs'-Gesetze.

§ 115. Auf die 'Erhaltungsgesetze' gewisser Kapazitätsfaktoren hat namentlich Ostwald oft hingewiesen:

Vor allem gilt der Satz von der 'Erhaltung der Masse'. Für die spezifischen Wärmen gilt dagegen kein 'additives' sondern ein 'konstitutives' Gesetz; Entropie ist uns kein Kapazitätsfaktor, ihre 'Erhaltung' würde bekanntlich nur für ideale Kreisprozesse[1]), aber nie im Wirklichen gelten. Für die Elektrizitätsmengen gilt das seltsame Faktum, daß sie sich immer paarweise zu Null addieren; solches als 'Erhaltung' ihrer Quantität zu bezeichnen, wie geschehen ist, ist offenbar Begriffsspielerei. Für das Chemische gilt im Sinne der Theorie von der Persistenz der Elemente ein sogenanntes Gesetz von der Erhaltung der Art. Dieses Gesetz sollte besser Gesetz von der Wiedergewinnbarkeit heißen.

Des näheren soll uns hier nur das 'Gesetz von der Erhaltung der Masse' beschäftigen; beachten wir bei seiner Erörterung vor allem jene Resultate, die wir soeben über die Beziehungen der verschiedenen Energiearten zur Masse gewonnen haben.

§ 116. Es wird bei vielen auf großen Widerspruch stoßen, wenn ich hier das 'Massenerhaltungsgesetz' seinem wesentlichen Inhalte nach für empirisch erkläre; denn gerade dieses Gesetz ist zumal von Philosophen oft für aprioristisch gewiß, für 'denknotwendig' erklärt worden.

Geht man aber auf die dynamische Auflösung der Materie zurück und bedenkt, daß doch viele von Zentren ausgehende qualitative Kraftstrahlen oder im Raum lokalisierte qualitative Potenzen ihrer Qualität nach verschwinden, wobei sie freilich, geregelt auf Grund

1) Hier ist $\int dS = 0$, d. h. die Summe aller Entropieänderungen ist gleich Null.

Digitized by Google

der im Kausalquantensatz und seiner empirischen Form, dem ersten Energiesatz, gegebenen Maßverhältnisse, an anderem Ort und in anderer Form wiedererscheinen, und überlegt man sich überhaupt (s. o. p. 20—23), daß die 'Massen'-Eigenschaft vor andern Eigenschaften keinen logischen Vorrang hat, so ergibt sich das Erhaltenbleiben des Materiellen als solchen offenbar als nicht notwendig.

§ 117. Es ist bedeutsam, daß auch z. B. Auerbach, ein überzeugter Energetiker, das Verschwinden von Masse auf Grund der Energiebegriffe für möglich erklärt, und er und die 'strengen Energetiker' müssen das wohl tun, denn Elektrizitätsmengen können auch 'verschwinden'[1]), und Masse ist nur ein Extensitätsfaktor, wie sie; ja 'strahlende Energie' und ihr problematischer 'Extensitätsfaktor' haben überhaupt nichts mit Masse zu tun, sondern 'entstehen' und 'vergehen' als unmaterielle Wirklichkeiten in erweitertem Sinne.

Im Prinzip recht hat also auch Scheye in jenem oben zitierten Satze, wo er vom reinen Energetiker — ohne selbst ein solcher zu sein — verlangt, er solle nicht vom Übergang der Energie von einem Körper zum andern reden. Energie selbst ist ja nach dieser Auffassung das eigentlich Fundamentale, das 'Substantielle'. Sie kann sich wandeln; warum braucht sie da immer in Formen, die die Masse in ihrem Kapazitätsfaktor haben, zu verharren?

Teilen wir nun auch den extrem energetischen Standpunkt nicht, ist uns auch Energie nicht 'Substanz', sondern nur ein Maß, so teilen wir doch, wie erörtert, diese besondere seiner Konsequenzen, da unsere dynamische Auflösung aller 'Eigenschaften' auch zu ihr führt. Auch uns ist eine 'Erhaltung der Masse' nur empirisch.

§ 118. Daß tatsächlich Versuche gemacht sind, die Konstanz der Masse empirisch, nämlich gewichtsmäßig zu beweisen, und daß diese Versuche bisher nie einen Gewichtsverlust der Versuchsobjekte ergaben, würde uns, was zu bemerken wir nicht unterlassen wollen, nicht viel dafür beweisen, daß hier ein empirisches Problem vorläge. Hat man doch, und zwar sogar Gauß, die Gültigkeit des Winkelsummensatzes für das Dreieck empirisch nachweisen wollen; ein Unternehmen, welches nicht etwa die empirische Natur dieses Satzes, sondern nur die erkenntniskritische Verwirrung jenes als Mathematiker großen Forschers beweist.

§ 119. Was würde es nun heißen, wenn Masse in der Tat nicht

---

1) Freilich wird dieses 'Verschwinden' anders, nämlich als Sichaufheben mit entgegengesetzten Vorzeichen versehener gleicher Teile, gedeutet.

Digitized by Google

'erhalten' bleiben müßte, sondern entstehen und vergehen könnte? Lehrreich ist es, sich diese Möglichkeit zu vergegenwärtigen; eben daß solches angeht, zeigt, daß hier eine 'Möglichkeit' vorliegt. Die Erörterungen über die Beziehungen der 'Energiearten', insbesondere der Kapazitätsfaktoren, zur Masse, welche wir im letzten Teilabschnitt betrachteten, dienen hier passend als Ausgang: In physikalischem Sinne massig, anders: ein 'Körper' ist nach unserer Definition (p. 22) ein 'Ding', welches potentielle (Distanz-) Energie ('Gravitation') besitzt, welches andern Körpern Bewegung mitteilen und durch andere Körper Bewegung übertragen erhalten kann, und welches, was mit dem Letztgesagten zusammenhängt, dem Eindringen von Körpern in den von ihm eingenommenen Raum Widerstand entgegensetzt; von elastischen und chemischen Qualitäten war ja bei Definition der reinen Massennatur abzusehen. Wenn nun 'Wärme' nicht an 'Masse' gebunden wäre, so würde das heißen, daß es etwa beliebig konfigurierte Raumteile geben könne, welche eben 'warme Dinge' wären, welche aber nicht 'schwer' und nicht durch Körper in Bewegung zu setzen sein würden, und ebenso könnte es elektrische Dinge geben: ja, reelle Hohlspiegelbilder können je nach der Strahlenbeschaffenheit in der Tat solche leuchtenden oder warmen 'Dinge' sein. Nun liegen hier allerdings, wie wir erkannten, gewissermaßen Spezialitäten vor, deren Gesetzlichkeit sich einfach erledigen und deren Sonderheit sich daher ein für allemal aus dem Naturganzen eliminieren läßt; aber denkbar, ja, was man doch so gern hat, 'vorstellbar' sind massenlose Dinge, und sie möchten sich wohl gar bewegen können, wenn schon nicht nach 'mechanischer' Kausalität, und das 'Trägheitsgesetz', als bloße Kausalformulierung, gälte irgendwie auch für sie. Von dieser Einsicht bis zum 'Begreifen' des Verschwindens von Masse und seinem Gegenteil ist nun nur ein Schritt: warum sollte sich nicht die Distanzenergie eines Steines etwa in ein 'Wärmeding' ohne Masse, also in nicht an Masse gebundene Wärme 'umsetzen' können, warum sollte nicht umgekehrt irgendeine Energieart strahlender Art die Distanzenergie eines Körpers in loco erhöhen? Das 'ist' nicht so; gewiß. Aber das und Entsprechendes 'könnte' wohl so sein[1]). Daß es nicht so 'ist', das liegt eben in den gegebenen 'Maschinenbedingungen', also

1) Was doch alles 'sein kann', zeigen die neuerdings aufgefundenen direkten Umwandlungsbeziehungen zwischen 'Strahlungsenergie' und Massenbewegung. Vgl. v. Türin, Ann. Naturphil. 3, 1904, p. 270. — Übrigens ist von Interesse zu beachten, daß es also neben der 'Gravitation' noch andere in die Ferne Bewegung hervorrufende Agenzien 'gibt'.

Digitized by Google

überhaupt im 'Gegebenen'. Natürlich wird man als vorsichtiger Naturforscher nur im äußersten Notfall mit solchen Möglichkeiten rechnen und, wie z. B. bei der Radioaktivität, solange es angeht, andere energetische Erklärungsmöglichkeiten bevorzugen.

k. Das Problem der 'Erhaltung' der 'Substanz'.

§ 120. Es entsteht nun die Frage, ob, wenn nicht der ganze Massenerhaltungssatz, so doch wenigstens ein gewisser Kern in ihm denknotwendig ist, wie ja auch im ersten Energiesatz nur ein, hier zwar sehr bedeutungsvoller, Kern aprioristische Gewißheit besaß.

Wir haben den Begriff 'Substanz' auf Raumpunkte angewandt, welche in fester, aber uns unverständlicher Verbindung qualitativ verschiedene Kraftstrahlen, Potenzen von sich ausgehen lassen, welche in allgemeinster Bedeutung feste Konstantenkombinationen besitzen; denn die Konstante, die zwar stets Beziehung auf das Ursachgetriebe hat, kann wohl, eben als qualitative dynamische Potenz, in Kürze den Raumorten selbst zugeschrieben sein.

Nun zeigt zwar jeder chemische Umsatz, daß die fest kombinierten Konstanten, daß also 'Substanz' ganz durchgreifend in jedem ihrer Elemente sich verändern kann. Bleibt dabei nun doch irgend etwas, das noch den Namen 'Substanz' verdiente, erhalten, und ist etwa die Erhaltung dieses sehr unbestimmten Etwas denknotwendig?

Ich kann nicht finden, daß dieser Frage zurzeit ein wirklich klarer Sinn erteilt werden könne; was erhalten bleibt, reduziert sich schließlich doch immer wieder auf die denknotwendige Erhaltung des Kausalquantums und auf die tatsächliche Massenerhaltung.

Doch mag ein anderer hier weiterkommen als ich. Mich selbst befriedigt diese Lösung nicht; es scheint mir, als müsse sich ein Substanzerhaltungsgesetz formulieren lassen, als wisse man aber noch nicht recht, was nun wirklich endgültig 'Substanz' zu nennen sei; ich gestehe, daß das nur eine Überzeugung ist. Vielleicht gilt es nur, den Substanzbegriff so zu wenden, daß ein Erhaltungsgesetz herauskommt; das wäre eine Analogie zur 'energetischen' Methode; aber wie ist es anzufangen? Künftige Versuche werden jedenfalls jene physikalischen Phänomene mit zu berücksichtigen haben, welche in Abweichungen von den normalen Gesetzen in den Größenordnungen 10^{-7} bis 10^{-8} bestehen und welche zur Molekülfiktion im physikalischen Sinne geführt haben.

§ 121. Die Proportion von Masse und Gewicht an gleichem Ort

Digitized by Google

ist nichts Empirisches und eigentlich auch nichts Aprioristisches, sondern ist aus der Definition und der tatsächlichen Eruierung von Massen im Einzelfalle selbstverständlich.

l. Schluß.

§ 122. Wir beschließen hiermit unsere Erörterungen über die Energiefaktoren, um uns jetzt der Untersuchung zuzuwenden, in welchem empirischen Gewande die übrigen Sätze der reinen Naturwissenschaft in der Natur auftreten, nachdem diese Frage für den ersten solcher Sätze bereits erledigt ist. Damit wenden wir uns also wieder 'Energetischem' zu, für das wir jetzt besser vorbereitet sind.

Unsere hiermit abgeschlossene Untersuchung über die Faktoren hat uns gewarnt, die 'Energetik' für gar zu fundamental zu halten: sie ist gar zu leicht geeignet, bestehende Wirklichkeiten zu verschleiern; im Grund ist sie, zumal in ihrem ersten Satze, nur eine Maßmethode für Kausales.

Auf alle Fälle handelt sie, das wird sich uns noch später zeigen, nur von Kausalem und in diesem nur von Quantitäten.

Aber nicht nur Veränderungsgesetze, also Kausales, ganz abgesehen von dessen auch qualitativer Seite, sondern auch Gesetze über untrennbare Verknüpfung von 'Eigenschaften', von 'Konstanten', allgemein von 'Potenzen' sind 'wirklich', mögen wir auch hier wenig oder nichts eigentlich 'rein' begreifen. Ja, an dieser Art des wenigstens empirisch 'Notwendigen' haftet sogar ein sehr wichtiger Zweig des Naturwissens, alle Systematik[1]).

So bedarf also die Energetik als Ergänzung anderer Denkschematismen; die dynamische Auflösung aller 'Dinge' war einer derselben, ein anderer ist die Reflexion über das Spezifische.

3. Der zweite und der dritte Hauptsatz.

§ 123. Prüfen wir, in welchen Einkleidungen der zweite und der dritte der Grundsätze reiner Naturwissenschaft in der empirischen Wissenschaft vom Wirklichen auftreten.

Der zweite aprioristische Grundsatz sagt aus, daß nur, wo kausalpotentielle Verschiedenheit sei, etwas geschehen könne, und der dritte sprach davon, daß jede Veränderung von der höchsten Veränderungspotenz aus anhebe.

---

1) Hierzu Anhang 19.

Digitized by Google

Die neuere Physik und Chemie haben nun einen Grundsatz entwickelt, den sie den 'zweiten Hauptsatz der Energetik' nennen, und der in seiner allgemeinen Form einen 'Satz des Geschehens' darstellt.

Untersuchen wir, was dieser Satz aussagt, und ob sich in ihm etwa der Inhalt unserer aprioristischen Sätze wiedererkennen läßt.

a. Der übliche 'zweite Hauptsatz' der Thermodynamik.

§ 124. An Gedankengänge Carnots, die mit der Technik zusammenhingen, knüpft die Entwicklung des physikalischen Satzes bekanntlich an; Clausius und W. Thomson gaben ihm logische und mathematische Formulierung; Clapeyron spielte den Vermittler. Jedes Lehrbuch der theoretischen Physik, zumal aber die trefflichen historischen Darstellungen von Mach und Helm liefern ein Bild dieses Teils der Wissenschaftsgeschichte, so daß wir uns eine eingehende historische Darlegung hier ersparen können.

Im Anfang war der zweite Hauptsatz rein thermodynamisch; das Axiom: 'Wärme kann nicht von selbst von einem kälteren auf einen wärmeren Körper übergehen' war Ausgang aller Entwicklung bei Clausius.

Thomson[1]) (Lord Kelvin) redete, in anderer Wendung der Sachlage, davon, daß wegen der 'Zerstreuung' (dissipation), der alle Energie ausgesetzt sei, eine volle Wiederherstellung (full restauration) mechanischer Energie in unbelebtem Material (inanimate material) und wahrscheinlich auch in Pflanzen und bei den Willenshandlungen der Tiere unmöglich sei. Es könnte scheinen, als sei damit ausdrücklich ein Bezug auf Lebensvorgänge, also auf Dinge, die wir erst später erörtern werden, genommen worden; doch beansprucht der Ausdruck Thomsons eine tiefere Bedeutung in diesem Sinne nicht.

Das etwas dunkle 'von selbst' der Terminologie von Clausius ist zu vermeiden durch Übertragung des thermodynamischen Axioms in die Form: 'Wärme kann nicht ohne Aufwand von Arbeit von kälterem auf wärmeren Körper übergehen'.

§ 125. In dieser Form pflegt das Axiom jetzt meist ausgesprochen zu werden; mit Recht hat Dühring[2]) dazu bemerkt, daß auch bei Aufwand von Arbeit von einem eigentlichen 'Übergang' von Wärme

1) Math. phys. Papers I, p. 511.
2) Neue Grundgesetze II, p. 81.

Digitized by Google

vom kälteren auf den wärmeren Körper nicht die Rede sein könnte; es werde dann eben Arbeit in Wärme verwandelt.

Behalten wir das im Gedächtnis, so mögen wir die letzte Formulierung des thermodynamischen Grundsatzes immerhin einstweilen beibehalten.

Der Aufwand von Arbeit, das Gegenteil des 'von selbst', kann durch belebte Wesen, aber auch z. B. durch Vulkanausbrüche, Explosionen und andere Naturereignisse geleistet werden, und damit verliert das 'von selbst' eben seine Unklarheit.

b. Der übliche 'zweite Hauptsatz' der allgemeinen Energetik.

§ 126. Nachdem nun durch Männer wie Gibbs, van t'Hoff, Horstmann, Helmholtz, Le Chatelier u. a., sowie durch die begrifflichen Analysen Machs die 'Thermodynamik' über das von ihrem Namen eigentlich Gedeckte bereits erheblich hinausgewachsen war, ging gegen 1890 die namentlich durch die Bestrebungen von Helm und Ostwald entwickelte 'allgemeine Energetik'[1]) daran, aus dem zweiten thermodynamischen Grundsatz einen Satz für ihre ganz universellen Zwecke zu gewinnen, dem naturgemäß eine viel umfassendere Bedeutung zukommen sollte und mußte. Sie gewann einen statischen und einen dynamischen 'zweiten' Hauptsatz:

'In einem Gebilde, welches nur eine Art von Energie enthält, ist nur dann ein dauernder Zustand möglich, wenn die Intensität überall denselben Wert hat.' 'Jede Energie hat das Bestreben, von Stellen, an welchen sie in höherer Intensität vorhanden ist, zu Stellen von niederer Intensität überzugehen.' So lautet die grundsätzliche Formulierung von Helm[2]).

Und die auf eine Kombination beliebiger Energiearten ausgedehnten Formulierungen Ostwalds lauten:

'Zum Gleichgewicht ist erforderlich, daß vorhandene Sprünge in der Intensität einer Art Energie durch äquivalente, entgegengesetzte Sprünge der Intensität anderer Energie kompensiert werden. Die Äquivalenz der entgegengesetzten Sprünge wird aber durch die Maschinenbedingung bestimmt. Unter einer Maschine ist allgemein eine Vorrichtung zu verstehen, welche Energie von bestimmter Beschaffenheit in solche von anderer Beschaffenheit verwandelt. Durch

1) Der Name 'Energetik' stammt schon von Rankine (1855).
2) Lehre v. d. Energie. Leipzig 1887, p. 62.

Digitized by Google

eine solche Vorrichtung wird stets das Verhältnis eines Faktors der einen Energie zu einem Faktor der andern Energie festgesetzt'.

'Damit etwas geschieht, ist es notwendig und zureichend, daß nicht kompensierte Intensitätsdifferenzen der Energie vorhanden sind'[1]).

Also die Intensitätsdifferenzen sind es, an denen das 'Geschehen' hängt. Sind die Qualitäten ungleich, so tritt die Frage nach der 'Kompensation' ein.

§ 127. Dieser Begriff ist das einzig Dunkle an den sonst sehr klaren Formulierungen von Helm und Ostwald.

E. v. Hartmann hat treffend bemerkt[2]), daß man gewissermaßen neben einer Äquivalenz der Energien von einer 'Äquivalenz der Intensitäten' reden müsse.

Tatsächlich werden 'Intensitätskompensationen' im Einzelfall empirisch bestimmt, und zwar im Grunde, wie ja auch Energieäquivalenzen, mit Hilfe eines ganz offen zutage liegenden Zirkelschlusses: es werden nämlich vorhandene qualitativ verschiedene Intensitätsverhältnisse so lange als unkompensiert bezeichnet, als noch etwas geschieht, und wenn nichts mehr geschieht, heißen sie 'kompensiert'.

§ 128. Ostwald hat versucht, den 'zweiten Hauptsatz' der Energetik aus der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile, das 'zweiter Art' genannt wird, zu 'beweisen', ebenso wie das Kausalquantenprinzip auf die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile 'erster Art' begründet war. Ausdrücklich wird solcher, von seinem Autor für empirisch gehaltene, Beweis von Ostwald zwar nur für die Wärme durchgeführt[3]), aber er wird als im Prinzip allgemein durchführbar gedacht. Daß aus einer gleichtemperierten Stoffmenge auf Grund ihrer Wärmeenergie keine Effekte zu erzielen seien, ist der wesentliche Inhalt des Satzes.

§ 129. Man hat nun dem 'zweiten Hauptsatz', zumal im engeren thermodynamischen Gebiete, noch manche andere Formen gegeben: schon Clausius hat von einer Vermehrung der 'Entropie' (s. o. § 95 ff.) bei allen natürlichen Prozessen, Thomson hat, wie wir sahen, von einer 'Zerstreuung', andere, z. B. Wald, haben von einer Entwertung der Energie gesprochen: im Grunde glaubte man doch ungefähr dasselbe mit allen verschiedenen Wendungen auszusagen.

1) Allgem. Chemie II, p. 35 u. 48.
2) Weltansch., p. 70.
3) Allgem. Chemie II, p. 474.

Digitized by Google

c. Die begriffliche Doppelnatur des üblichen 'zweiten Hauptsatzes'.

§ 130. Gehen wir nach dieser historischen Skizze an eine vertiefte Analyse des Sachverhaltes.

Solche Analyse wird uns zu der Erkenntnis führen, daß alles, was, sei es nur in der Thermodynamik oder in der allgemeinen Energetik, je unter dem Titel eines 'zweiten Hauptsatzes' ausgegeben worden ist, sich aus der Mischung zweier, durchaus heterogener Bestandteile zusammensetzt, deren einer rein empirischen, deren anderer teils empirischen, teils aprioristischen Inhalt hat, und von denen bei den verschiedenen Forschern bald der eine, bald der andere überwiegt. Der sogenannte zweite Hauptsatz der Energetik ist also in zwei Hauptsätze aufzulösen.

Am deutlichsten kann uns diese Einsicht werden, wenn wir beispielsweise die energetischen Ausführungen von Ostwald und von E. v. Hartmann über einen gewissen Punkt, nämlich über das 'Perpetuum mobile zweiter Art', miteinander vergleichen. Da sehen wir nämlich, daß beide immer etwas ganz Verschiedenes unter diesem Perpetuum mobile und seiner Unmöglichkeit verstehen, daß beide von etwas ganz Verschiedenem reden, der eine, Ostwald, davon, daß ohne Differenzen kein Geschehen möglich sei, der andere, v. Hartmann, aber vom Zerstreuungsvermögen der Wärme und anderer Energiearten.

Ich setze diese Bemerkung allem Folgenden voraus, weil ich selbst auf die geschilderte Art zur Einsicht in die Zusammensetzung des 'zweiten Hauptsatzes' aus zwei heterogenen Bestandteilen geführt wurde.

d. Der 'wahre' zweite Hauptsatz der Energielehre.

§ 131. In Ostwalds 'Satz vom Geschehen' ist als Wesentlichstes die aprioristische Einsicht unseres zweiten und dritten reinen Natursatzes enthalten, daß ohne Differenzen kein Geschehen, also keine Veränderungen möglich sind, daß aber jedes Geschehen vom Höchstvermöglichen an verläuft, daß das Veränderlichste am meisten sich zu verändern strebt. Der empirische Bestandteil des Satzes sagt aus, daß die das Geschehen überhaupt bedingenden Differenzen und deren die Geschehensrichtung bestimmendes Maß bei allem 'wirklichen' Geschehen die 'Intensitäten' genannten Energiefaktoren

Digitized by Google

betreffen müssen, und daß es eine 'Äquivalenz der Intensitäten', um v. Hartmanns treffenden Ausdruck zu gebrauchen, gibt.

§ 132. Also ganz wie beim ersten Energiesatz liegt die Sache auch hier: dort wußte man, es müsse etwas am Ursächlichen sich gleichbleiben; daß solches die 'Energie' genannten Maßgrößen seien, ergab sich empirisch. Hier weiß man: es muß 'etwas' different sein; praktisch ergibt sich, daß das nicht etwa 'Energien', sondern Intensitäten sind, und daß es auch bei den Intensitäten in Hinsicht auf Gleichheit und Ungleichheit eine 'Äquivalenz' gibt, sobald verschiedene Qualitätsgebiete in Frage kommen.

Die Maßbestimmung des Gleichen oder Ungleichen geschieht dort wie hier, also für 'Energie' wie für 'Intensität', gleichermaßen nach dem vorausgesetzten Geschehensschema, für letztere also nach dem zweiten und dritten Geschehenssatze; wir werden in einem späteren Abschnitt (E) die Praxis dieses Verfahrens an Beispielen kennen lernen.

Das also ist der 'wahre zweite Hauptsatz der Energetik': Geschehen gibt es nur bei unkompensierten Intensitätsdifferenzen, und zwar geht es von der höchsten unkompensierten Intensität aus.

§ 133. Von diesem wahren zweiten Hauptsatz in unserm Sinne reden ganz wesentlich Clausius, Ostwald u. a., wenn sie ihren 'zweiten' Hauptsatz erörtern; es reden aber unter gleichem Titel vorwiegend von etwas ganz anderem sogleich zu Erörternden Thomson, Planck und v. Hartmann. Solches hindert nicht, daß jeder der Vertreter der beiden Gruppen gelegentlich Äußerungen macht, welche eigentlich der Sphäre der andern Gruppe angehören; handelt doch der übliche 'zweite' Hauptsatz von beiden. Was insbesondere den Carnotschen Kreisprozeß und den aus seinem Studium sich ergebenden ökonomischen Koeffizienten angeht, so gehört die gesamte Betrachtung des idealen reversibeln Prozesses dem wahren zweiten Satz an; es gehört aber nicht mehr zu ihm die Hervorhebung der Tatsache, daß jener Koeffizient tatsächlich immer kleiner als der ausgerechnete Wert ist. Ganz entsprechend bewegt sich Clausius mit seinem eingangs genannten Ausspruch vom Wärmeübergang im Gebiete des 'wahren' zweiten Satzes; wenn er aber von 'Vermehrung der Entropie' redet, zieht er aus unserm dritten Satz eine Folgerung. (Zusatz 22).

Digitized by Google

e. Der dritte Hauptsatz der Energielehre.

§ 134. Gehen wir über zur Darlegung des wahren dritten Energiesatzes:

Sein Verständnis läßt sich in passender Weise erzielen in logischer Anknüpfung an den zweiten Bestandteil des wahren zweiten Satzes, daran nämlich, daß Geschehen stets von der höheren von zwei unkompensierten Intensitäten ausgehe. Dieser Ausspruch selbst gehört noch durchaus zu unserm 'wahren zweiten Satze', als empirisches Korrelat zum dritten aprioristischen Geschehenssatze; es gehört aber nicht mehr zu ihm, sondern führt zu etwas Neuem, wenn wir nun erfahren, daß in einem System alle mit seinen eigenen Mitteln geschehenden Vorgänge so verlaufen, daß die absolute Höhe des höchsten vorhandenen unkompensierten Intensitätswertes vor dem Geschehen nach stattgehabtem Geschehen nicht wieder irgendwo im System erreicht wird.

Dieser rein empirische Hauptsatz ist der 'wahre dritte Hauptsatz der Energetik' oder der Satz von der Zerstreuung der Energie. Er hat mit den aprioristischen Geschehenssätzen nichts mehr zu tun.

Von diesem Satze reden, wie schon bemerkt, ganz vorwiegend z. B. v. Hartmann und Planck, wenn sie den Ausdruck 'zweiter Hauptsatz' gebrauchen.

§ 135. Gehen wir zum Verständnis unseres dritten Satzes und zur Rechtfertigung der Form, welche wir ihm gegeben haben, einmal von Mechanischem, und zwar von einem durch einen Faden am Herabsinken gehinderten Pendel aus; wir durchneiden den Faden: das Pendel sinkt zum tiefsten Punkt, steigt dann wieder 'beinahe' ebenso hoch, wie es sank, wiederholt das Spiel unter günstigen Versuchsumständen sehr oft, kommt aber doch endlich zur Ruhe 'nur wegen der Reibung', wenn wir vom Luftwiderstand absehen.

Nach rein mechanischen Prinzipien brauchte es gar nicht zur Ruhe zu kommen; es wäre eine 'perpetuierliche' Umsetzung von lebendiger Kraft in Distanzenergie und umgekehrt möglich ohne die Reibung. Dem 'wahren' zweiten Satze würde durch solche 'perpetuierliche' Umsetzung nicht widersprochen; es wären immer 'Differenzen' der Intensität da, und es ginge auch das Geschehen von einer 'höchsten unkompensierten Intensität', nämlich der Distanzenergie, aus.

Also würde auch das denkunmögliche 'wahre' zweite Perpetuum mobile durch dieses 'Perpetuum mobile dritter Art', das zwar ein

Digitized by Google

solches nur im reinen Wortsinne, nämlich als 'fortdauernd Bewegliches', nicht aber natürlich im Sinn unaufhörlichen Arbeitsgewinnes wäre, nicht etwa geschaffen.

Aber auch das 'Perpetuum mobile dritter Art' — von ihm redet v. Hartmann — ist unmöglich. Warum?

§ 136. Gehen wir erst auf ein anderes Beispiel ein:

Man denke sich zwei Öfen von ganz gleicher Beschaffenheit; sie seien durch einen dicken massiven Eisenzylinder miteinander verbunden; der eine habe die Temperatur T_1, der andere die Temperatur T_2; T_1 sei größer als T_2. Es liegt nun durchaus im Bereich der Denkmöglichkeit, daß die der Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ entsprechende Wärmemenge $Q_1 - Q_2$ fortwährend zwischen den beiden Öfen gleichsam hin und her pendele, ja gerade solches Verhalten wäre in Analogie zum Mechanischen; wir würden in diesem Falle von potentieller und kinetischer Wärme reden müssen[1]).

Aber das hier als denkmöglich Bezeichnete ist nicht der Fall, 'es ist nicht so', es gibt thermisch nicht Analoga zu beiden Formen mechanischer Energie. Vielmehr erreichen unter den geschilderten Versuchsbedingungen beide Öfen im ersten Ausgleich die gleiche Temperatur $\frac{T_2 + T_1}{2}$.

Noch deutlicher als beim tatsächlichen mechanischen Verhalten, wo ja die 'Reibung' das Perpetuum mobile dritter Art nicht zur Realisierung gelangen läßt, kommt es also bei reinen Wärmevorgängen rasch zum Intensitätenausgleich.

§ 137. Wald hat darauf hingewiesen, daß die Tatsache des Ausgleiches, der 'Zerstreuung', wie wir bald auch sagen werden, die Eindeutigkeit der Phänomene bedinge und insofern gewissermaßen ein Postulat der Kausalkategorie sei. Ich möchte dem nicht zustimmen und in der Tatsache des Intensitätenausgleiches nur den Grund für die bestimmte Richtung oder 'Tendenz' der natürlichen Phänomene sehen, und zwar einen durchaus empirischen Grund; Planck[2]) hat in diesem, also im Sinne des dritten Hauptsatzes von einer 'Vorliebe der Natur' gesprochen.

Eindeutig wären die Naturphänomene auch ohne die Tatsache des Ausgleichs, aber sie würden ein fortwährendes Hin und Her derselben Zustände darstellen, für das die Vorgänge am Pendel ein gutes Bild böten.

1) Vgl. auch Ostwald, Vorles. Naturph., p. 260.

2) Über den zweiten Haupts. d. mech. Wärmeth. München 1879, p. 4.

Digitized by Google

Mit dem 'wahren zweiten Hauptsatz der Energetik' allein wäre andererseits die Tatsache der 'Tendenz' noch nicht gegeben, denn dieser Satz, der nur Differenzen und ein Ausgehen des Geschehens von der höchsten unkompensiert vorhandenen Intensität aus fordert, würde auch einer Welt, in der das Perpetuum mobile dritter Art gilt, genügen.

f. Die Formen der Energiezerstreuung.

§ 138. Man hat als wichtigste Folge der Energiezerstreuung die 'Entwertung' der Energie hingestellt.

Indem wir uns zur Analyse dieses Begriffs anschicken, haben wir das Tatsächliche der verschiedenen Formen der 'Zerstreuung' zunächst näher ins Auge zu fassen.

Es haben die verschiedenen Energiearten in verschiedenem Grad eine 'Neigung' solcher Zerstreuung; die stärkste Neigung besitzt die Wärme. Durch die Tatsache, daß bei Energieumsetzungen so ganz besonders häufig Wärme entsteht, wird da natürlich der Zerstreuung ein ganz besonderer Vorschub geleistet. Man denke nur an die 'Erwärmung' durch Reibung, durch den elektrischen Strom und durch vieles Chemische. Strahlung tritt als besonders wichtiges Phänomen der Zerstreuung dazu; sie und Wärmeleitung sind deren wichtigste Grundphänomene.

Versuche, die Energie nach ihrem Zerstreuungsvermögen zu klassifizieren, wobei, wie gesagt, die Wärme die oberste Stelle einnehmen würde, die Elektrizität ihr nahestünde und endlich die 'potentielle' chemische Energie das andere Ende der Reihe repräsentieren könnte, haben für unsere Zwecke eine tiefere Bedeutung nicht.

§ 139. Dagegen ist es von allgemeinerer Wichtigkeit, sich allgemein klar zu machen, daß eine 'Zerstreuung' von Energie, also ein Herabsetzen von Intensitätsdifferenzen in drei verschiedenen Grundformen tatsächlich zum Ausdruck gelangen kann. Die erste dieser Formen ist realisiert, wenn ein Intensitäten-(Potential-)Fall nicht einen, sondern mehrere Intensitätsanstiege zur Folge hat; naturgemäß kann dann keiner derselben so groß wie der ihn verursachende Fall sein; solches ist beispielsweise der Fall beim nicht reibungslosen, also wirklichen Pendel. Die zweite Zerstreuungsform ist gegeben, wenn ein Potentialfall sistiert wird, sobald der durch ihn verursachte Potentialanstieg zur Intensitätengleichheit geführt hat; solches ist bei der Wärme, aber z. B. auch bei Diffusionen der Fall. Der dritte Modus der Zerstreuung besteht in der Verteilung einer lokalisiert gewesenen Intensität auf einen größeren Raum; dieser Modus tritt mit dem zweiten vereint auf; das

Digitized by Google

Verhalten der Wärme, Diffusionen und das Ausströmen von Gasen in einem leeren Raum sind Beispiele.

Wir kommen auf alle drei Fälle des Intensitätenausgleichs zurück.

g. 'Entwertung' als Folge von Zerstreuung. — 'Entropie'.

§ 140. Aus der Zerstreuung der Energie soll ihre 'Entwertung' folgen. Das Wort Entwertung setzt die Existenz irgendeines 'Wertes' voraus. Gemeint ist hier der Wert der Energie für Veränderungserzeugung. Da dieser nach dem wahren zweiten Hauptsatz von Intensitätsdifferenzen abhängt [1]), so ist ohne weiteres klar, daß durch die Zerstreuungstatsache, die ja in einer Herabsetzung von Intensitätsdifferenzen besteht, eine 'Entwertung' der Energie in Hinsicht ihres Leistungswertes eintreten muß.

Wegen des empirischen dritten Satzes entwertet sich also kraft des 'wahren' zweiten Satzes die Energie. Wir sehen sich hier beide Sätze durchdringen und begreifen, wie man ihre logisch verschiedenen Bestandteile so lange ungesondert lassen konnte.

§ 141. Aus der Entwertung der Energie nun zwar einen letzten Stillstand der Welt, und zwar selbstredend nur empirisch, folgern kann unseres Erachtens nur, wer das 'Wirkliche' im erweiterten Sinne für endlich hält. Wir halten eine nähere Diskussion dieser Frage für zu unfruchtbar, um darauf einzugehen. Daraus, daß wir sie ablehnen, folgt, daß Entwertung uns nur ein relativer Begriff sein kann: entwertet ist Energie in einem bestimmten System; daß und wie sie in ihm entwertet ist, hängt von der niedersten seiner Intensitäten ab. In einem System entwertete Energie kann für ein anderes wieder 'Wert', d. h. Veränderungsfähigkeit, bekommen [2]).

In diesem Zusammenhang muß nun auch der Entropiebegriff noch einmal gestreift werden; hat man ihn doch gerade mit einem 'Weltende' in Verbindung gebracht.

§ 142. Wir haben oben schon im Anschluß an Wald und v. Hartmann eingesehen, daß Entropie eine Energiegröße, nämlich die Summe der reduzierten zu- und abgeführten Wärmemengen eines Carnotschen Kreisprozesses ist, d. h. Entropie ist die Summe aller

1) Es ist hier zu beachten, daß man den zweiten 'reinen Satz vom Geschehen' auch so formulieren könnte: Das Maß der Verschiedenheit der Veränderungsfaktoren bestimmt das Maß der Veränderung (vgl. p. 46).

2) Es sei wieder, wie früher schon, betont, daß 'entwertete' und Helmholtz' gebundene' Energie, obwohl beide Summanden von Energie, doch verschiedene Dinge sind. Hier herrscht leider nicht immer die nötige Strenge des Ausdrucks (siehe z. B. Ostwald, Vorles. Naturphil., p. 260).

Digitized by Google

derjenigen Anteile der zu- und abgeführten Wärmemengen, welche selbst bei Herabführung auf 1 Grad[1]) noch Wärme, also nicht in Arbeit verwandelt sind. Im idealen Prozeß ist diese Summe, bzw. dieses Integral = 0, tatsächlich ist es immer positiv.

Daß es immer positiv ist, daß also bei Prozessen in einem abgeschlossen betrachteten System die Entropie wächst, ist eben eine Folge und zugleich ein Maß der Tatsache der Zerstreuung und Entwertung.

Diese Tatsache stellt sich im speziellen thermodynamischen Gebiete darin dar, daß eben Wärme an allen möglichen Stellen tatsächlich entsteht, auch ohne daß es gewünscht wird; der Entropiezuwachs mißt diese die Idealleistung schädigende Wärme, ohne mit ihr identisch zu sein; so erkennt man also wieder die Entropie als 'charakteristische Funktion' von vorwiegend mathematischem Wert. Logisch kann das Wesentliche der Tatsache des Intensitätenausgleiches ohne den Entropiebegriff dargestellt werden, wie es hier versucht wurde und in anderer Weise durch v. Hartmann geleistet worden ist.

Wir halten es aus diesen Gründen für verfehlt, den Entropiebegriff auf die ganze Physik zu übertragen, und können, wie schon früher erörtert, erst recht nicht Auerbach folgen, der in ihr einen Faktor jeder Energie sehen will. Sie ist allenfalls das Maß für einen Summanden der Totalenergie, nicht einmal dieser selbst, nämlich das Maß für denjenigen Teil oder Summanden einer bestimmten Energiemenge, welcher entwertet ist.

§ 143. Es könnte nach gewissen Äußerungen von Planck so scheinen, als ob das 'Wachsen der Entropie' doch nicht immer nur eine Folge der Energiezerstreuung in unserer Fassung des Begriffs sein möchte; wir haben vor einer Weiterführung der Gedanken hier vor allen Dingen Klarheit zu schaffen. Es 'treffe durchaus nicht ganz allgemein das Wesen der Sache', meint Planck[2]), von einer nur unvollständigen, nämlich stets mit Wärmeübergang verbundenen Verwandlung von Wärme in Arbeit zu reden (S. 74), das Wort 'Zerstreuung' 'stelle die Sache nur von einer Seite dar' (S. 94). Wir möchten hier zunächst erwidern, daß Darstellung 'von einer Seite' doch auch eben eine Darstellung ist, die zutreffend sein kann, wenn sie richtig und vollständig ist.

Wir erwidern zweitens, daß Planck in der von ihm selbst seinem 'zweiten Hauptsatz' gegebenen Fassung doch ungefähr wieder dasselbe

1) Hierzu vgl. oben p. 63, Anm. 7.
2) Vorles. üb. Thermodynamik. Leipzig 1897.

Digitized by Google

ausspricht, was er bekämpft hat, wenn er sagt: 'Es ist unmöglich, eine periodisch wirkende Maschine zu konstruieren, die weiter nichts bewirkt, als Hebung einer Last und Abkühlung eines Wärmereservoirs' (S. 80). Bedeutsamer erscheint anfangs ein zur Stütze seiner erst angeführten Behauptung von Planck beigebrachtes Beispiel: daß man nämlich ein Gas sich unter Arbeitsleistung ausdehnen und dabei doch durch stete Wärmezufuhr auf gleicher Temperatur bleiben lassen könne; hier sei denn doch die zugeführte Wärmemenge restlos in Arbeit aufgegangen; die gesamte 'innere Energie' des Gases, als nur von der Temperatur abhängig, sei vor und nach dem Versuche dieselbe. Mir scheint, daß es für unsere Frage auf die gesamte Energie gar nicht ankomme, es kommt auf deren Intensitäten an, und deren Gesamtheit ist nach dem Versuch, gerade soweit elastische ('Volum'-) Energie in Betracht kommt, auf einen größeren Rauminhalt verteilt, also nach unserm dritten Schema 'zerstreut' worden. Wir halten hierdurch und durch die noch folgenden Betrachtungen Planck's Bedenken für erledigt[1]).

h. Die Begriffe 'von selbst' und 'Arbeitsaufwand'. Erläuterungen.

§ 144. Allem Erörterten soll jetzt eine Erweiterung und Vertiefung dadurch zu geben versucht werden, daß wir näher auf Vorgänge eingehen, deren Existenz wir bisher stillschweigend voraussetzten[2]), auf Vorgänge nämlich, welche der Zerstreuung entgegenwirken, und daß wir uns fragen, wie und bis zu welchem Grade solches möglich ist, und was es überhaupt heißt. Wir werden hier wieder bisher Ungetrenntes zu trennen und die Teile unserm wahren zweiten und dritten Satze anzugliedern haben.

Clausius[3]) selbst hat schon das 'von selbst' seines Fundamentalsatzes über den Übergang der Wärme von wärmerem zu kälterem Körper erläutert durch den allgemeinen Zusatz 'ohne Kompensation'; auch hat er dafür, wie wir schilderten, die Worte 'ohne Aufwand von Arbeit' gesetzt, und hier tut man, wie gesagt, gut, Dührings Rat befolgend, sich stets im Gedächtnis zu halten, daß der unter Aufwand

1) Nernst sagt sachlich dasselbe wie ich, wenn er (Theor. Chem., 4. Aufl., p. 50) bemerkt, daß bei Gasausdehnung ins Vakuum zwar nicht die gesamte, wohl aber die 'freie' (arbeitsvermögliche) Energie abnehme.

2) Wir konnten das, weil es selbstverständlich ist, daß jedes 'Geschehen', obschon mit einem Intensitätenfall beginnend, doch auch in Intensitätserhebungen besteht. Wenigstens gilt das, weil ja tatsächlich die Intensitäten die hier überhaupt in Betracht kommenden Größen sind; und zwar gilt es auf Grund des ersten Energiesatzes.

3) Mechan. Wärmetheorie I, p. 62.

Digitized by Google

von Arbeit mögliche Wärmeübergang von kälterem auf wärmeren Körper natürlich nichts anderes als eine Verwandlung von Arbeit in Wärme bedeutet.

Die Worte 'von selbst' und 'unter Arbeitsaufwand' sind es nun, um deren Diskussion es sich zunächst vornehmlich handeln wird. Im rein Thermodynamischen handelt es sich bei dem 'Arbeitsaufwand', welcher eine thermische Intensitätserhebung erzeugt, wirklich im wahren, mechanischen Wortsinn um 'Arbeit'. Aber gilt darum etwa ganz allgemein der Satz: Intensitätsunterschiede können nur durch Aufwand von Arbeit geschaffen, beziehungsweise vergrößert werden?

Was würde das heißen und was könnte hier 'Arbeit' bedeuten, wo es sich um rein Mechanisches doch in den meisten Fällen sicherlich nicht handelt?

Versuchen wir einmal ganz allgemein für alle Energieformen die Umstände zu kennzeichnen, unter denen Intensitätserhebungen stattfinden können; dann werden wir sehen, ob der Begriff 'Arbeitsaufwand' dazu ausreicht.

§ 145. Zuerst lenken wir den Blick auf unser mechanisches Pendelbeispiel zurück.

Am tiefsten Punkte des Pendels hat sein Gravitationspotential den kleinsten Wert, es ist bis dahin stetig kleiner geworden, auf Kosten seiner ursprünglichen Größe ist 'lebendige Kraft' in bestimmtem Betrag erzeugt worden. Vom tiefsten Punkt an bis zur erneuten Erreichung eines höchsten Punktes wird nun auf Kosten dieser lebendigen Kraft Arbeit, nämlich die Hebung der Pendelmasse gegen die Schwerkraft, geleistet, und dadurch die Intensität des Potentials derselben vergrößert.

Aber wegen der Reibung, als einer unvermeidlichen Tatsache, ist das neu geschaffene Intensitätsmaximum nicht ganz so groß, wie das ursprüngliche war.

Wir haben hier einerseits die Zerstreuungstatsache klar vor Augen; wir erkennen zweitens, daß Intensitätsunterschiede von der potentiell-mechanischen Art dann vergrößert werden können, wenn mechanische Energie in Form lebendiger Kraft arbeitsleistend am Gesamtprozeß des Geschehens, gleichgültig aus welcher Kausalquelle stammend, beteiligt ist. Diese mechanische Energie ist eben, obwohl arbeitsleistend, wegen der Zerstreuungstatsache nicht fähig, einen Intensitätsunterschied von der Höhe desjenigen, aus dem sie stammt, wieder zu schaffen.

Digitized by Google

Der Begriff 'Arbeitsaufwand' besteht hier wie im rein Thermodynamischen im Wortsinn voll zu Recht.

§ 146. Recht deutlich macht aber unser Beispiel klar, daß der Ausdruck 'von selbst' die unter Intensitätsabnahme verlaufenden Vorgänge jedenfalls sehr dunkel kennzeichnet und stets einer Erläuterung bedarf: 'von selbst', d. h. in natürlicher Weise, verläuft auch das Wiederaufsteigen des Pendels; dasselbe ist doch kein 'Wunder'; und so sehen wir, daß der Ausdruck 'von selbst' unbedingt zunächst durch 'ohne Arbeitsaufwand' zu ersetzen ist.

§ 147. Wie durch die arbeitsleistende lebendige Kraft des absinkenden Pendels, so können nun ebenso durch viele andere mechanische Prozesse potentiell-mechanische Intensitätsunterschiede geschaffen werden: sogenannte Explosionen, also Folgeerscheinungen chemischer Energie, können z. B. Distanzpotentiale enormen Betrages schaffen; daß auch hierbei im wahren Wortsinne Arbeit geleistet wird, ist klar.

§ 148. Aber wie liegt alles, wenn weder, wie im Thermodynamischen, der Umsatz mechanischer in thermische Energie, noch der Umsatz der aktuellen und potentiellen mechanischen Energieform ineinander in Frage kommt? Erwärmung kann elektrische Potentiale hervorbringen, der elektrische Strom, also elektrischer Potentialfall, kann erwärmen, ja im Chemischen und Aggregativen kann Wärmezufuhr etwa Lösung verursachen, umgekehrt Lösung Erwärmung usw. usw.

Es ist klar, daß der Begriff 'Arbeitsaufwand' hier in seinem strengen Sinne ganz und gar keine Rolle spielen kann, wenigstens wenn wir im nicht fiktiven Betrachtungskreise bleiben und Ausdrücke wie 'innere Arbeit' vermeiden wollen.

Wir werden auf das Gebiet des Chemisch-Aggregativen in einem besonderen Kapitel zurückkommen. Hier sei nur dargelegt, was der Ausdruck: 'unter Arbeitsaufwand können Intensitätssteigerungen stattfinden' auch in den angeführten Fällen etwa besagen könnte, und wie er besser vermieden und ersetzt wird.

§ 149. Bei Einführung des Begriffs 'virtuelle Arbeit' als einer energetischen Größe, auf Grund deren unter bestimmten Konstellationen auch 'Arbeit' im wahren Sinne geleistet werden könnte, sind wir berechtigt zu sagen: nur unter Aufwand reeller oder virtueller Arbeit kann es Intensitätserhebungen geben; in der Tat 'vermöchte' die von einer Wärmequelle abgegebene Wärmemenge wohl auch, anstatt elektrisches Potential oder Lösung zu bewirken,

Digitized by Google

wahre Arbeit zu leisten, und in der Tat 'könnte' der elektrische Strom auch, anstatt zu erwärmen, wahrhaft arbeiten, und der sich lösende Stoff könnte das gleiche.

Überaus künstlich aber ist diese ganze Darstellungsweise, und unbefangener drücken wir uns über die energetischen Ursachen von Intensitätserhebungen aus, wie folgt: Wenn in einem System Intensitätsdifferenzen, also Potentialsteigerungen, geschaffen werden sollen, so kann das nach dem wahren zweiten Satze nur unter gleichzeitigem Stattfinden anderer Veränderungen, welche Potentialstürze bedeuten, geschehen.

Und nun treten wir mit unsern gewonnenen Einsichten wieder an die Zerstreuungsfrage heran, damit zugleich dasjenige, was wir oben (S. 85) über die drei Grundtypen der Zerstreuung beibrachten, vervollständigend.

§ 150. Auerbach[1]) gibt der Unmöglichkeit des Prinzips, welches er Perpetuum mobile zweiter Art nennt, und das, wie ersichtlich, unser entsprechendes Prinzip dritter Art ausdrückt, den Wortlaut: 'Erzwungene Prozesse sind immer von freiwilligen begleitet'.

Das 'erzwungen' soll hier so viel heißen wie 'unter Arbeitsleistung', also in unserer allgemeineren Fassung: 'durch Potentialsturz'; freiwillig hat nicht ganz die Bedeutung des Clausiusschen 'von selbst', sondern meint 'unbeabsichtigt'.

Also ein Potentialsturz hat technisch neben dem 'beabsichtigten' Potentialanstieg auch noch Nebenwirkungen. Wir kennen dergleichen schon vom Pendel her.

Es ist nach unsern Ausführungen klar, daß nun die 'erzwungenen' und die 'freiwilligen' Prozesse in jedem der qualitativ verschiedenen Energiegebiete ablaufend gedacht werden können: im Pendelbeispiel ist der 'beabsichtigte' Prozeß mechanisch, der 'auch' eintretende 'freiwillige', 'unbeabsichtigte' ist die Produktion von Wärme durch Reibung; beim Lösungsbeispiel mag umgekehrt gerade das Thermische, die Schaffung der Temperaturerhöhung, als 'beabsichtigt' angesehen werden — es kann technisch doch gerade auf sie ankommen —, und als nebenherlaufender 'unbeabsichtigter' Prozeß erscheint eben das Gelöstwerden, also ein chemischer Potentialfall, und ferner etwa noch Ausdehnung, also ein meinetwegen mechanischer, besser ein aggregativer Vorgang.

---

1) Kanon d. Physik, p. 325.

Digitized by Google

Mann kann die Bezeichnungen aber auch alle umkehren! Verzichten wir also lieber auf alle Bezeichnungen wie 'erzwungen', 'freiwillig', 'beabsichtigt', 'unbeabsichtigt', ebenso wie wir auf die Worte 'von selbst', 'ohne Arbeitsleistung' verzichtet haben: stelle ich mir ein ganz beliebiges chemisch-physikalisches System her, so ist dieses System ja natürlich stets 'erzwungen'; aber denken wir uns das System fertig, aber noch aktionslos, so ist doch alles, was von dem Moment an, in dem überhaupt Aktion eintritt, geschieht, 'freiwillig' oder 'von selbst'. Nur mit ganz klaren Begriffen erkennen wir das Wesentliche.

§ 151. Dieses Wesentliche ist aber, daß eine Intensitätssteigerung, komme sie, von welchem Potentialfall sie wolle, wenn anders sie überhaupt über ein Intensitätsmittel hinausführt und nicht etwa durch Erreichung desselben nach dem zweiten Zerstreuungsschema sistiert wird, nie allein, sondern immer mit einer andern Intensitätssteigerung verbunden auftritt, oder daß sie sich über einen größeren Raum erstreckt, als diejenige Intensität, durch deren Sturz sie zustande kam. Darauf, also jedenfalls auf einem der drei Modi der Energiezerstreuung, beruht in letzter Linie die Tatsache, daß auch, wo notorisch Intensitätsdifferenzen geschaffen werden, wo also der 'Zerstreuung' der Energie durch 'Arbeitsleistung' im eigentlichen oder uneigentlichen Sinne scheinbar entgegengewirkt wird, doch eine 'Zerstreuung', nur in geringerem Grad als bei unmittelbaren Intensitätsausgleichen, statthat. Denn jene beiden untrennbar auftretenden Intensitätssteigerungen oder jene Raumausdehnung der Intensitätserhebung zehren von einem und demselben Intensitätsfall, und da sie sich in seine Quantität teilen müssen, kommt auf jeden Zuwachs naturgemäß weniger als das ursprüngliche Ganze der Differenz ($\mathcal{J} = \mathcal{J}_1 + \mathcal{J}_2$).

Mit diesen Erörterungen haben wir den Begriff der Zerstreuung wesentlich abgerundet und vertieft. Man sieht, daß für die Anwendung von Ausdrücken wie 'von selbst', 'freiwillig' und dergleichen wirklich gar keine Nötigung vorliegt.

§ 152. Nochmals sei betont, daß es Tatsachen sind, die ausgedrückt werden in dem Worte 'Zerstreuung' oder in dem aus ihr folgenden 'Entropiewachstum' oder in dem Satze, daß es, wie Wald sagt, nur 'finitive', aber nicht 'konservative' Prozesse gibt. Gedanklich 'könnte' auch die Entropie = o bleiben, 'könnten' die Weltprozesse 'konservativ' sein, 'könnte' es keine 'Tendenz', sondern eine fortwährende pendelnde Wiederkehr in den Weltphänomenen geben. Der wahre

Digitized by Google

zweite Satz würde nicht verletzt dadurch: er sagt, seinen aprioristischen Korrelaten entsprechend, nur über Vorbedingungen und ersten Anfang alles Geschehens etwas aus, läßt aber die nähere Kennzeichnung des Geschehens offen. Die tatsächliche Unmöglichkeit der Herstellbarkeit gewisser Maschinenbedingungen (Kuppelungen), welche zum Pendeln der Phänomene führen würden, ist es letzthin, auf der Zerstreuung beruht: die spezifische Natur von 'Energiefaktoren' ist der Grund dafür.

§ 153. Aus dem finitiven Charakter aller Prozesse, aus der Energiezerstreuung und dem Entropiewachsen folgt es auch, daß die, natürlich unter Arbeits- oder sonstigem 'Aufwand', also allgemein durch Potentialstürze geschehen gedachte 'Umkehrbarkeit' aller Vorgänge in einem System nur in beschränktem Maß, aber nie absolut mit seinen eigenen Mitteln möglich ist. Mit Potentialmitteln, die von außerhalb des Systems herstammen, ist allerdings eine absolute Reversibilität für ein geschlossenes System denkbar. Werden nun aber jene Potentialmittel gedanklich mit in das System bezogen, so haben wir wieder Irreversibilität. Von dem problematischen Gedanken einer Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt hängt es ab, ob es absolute Irreversibilität gibt (Zusatz 23).

Doch wollen wir jetzt nicht näher auf den Begriff der 'Umkehrbarkeit' eingehen und wollen überhaupt die Betrachtung hier abbrechen, da wir in einem späteren Abschnitt, den wir aus besonderen Gründen den chemischen und aggregativen Änderungen widmen werden, nochmals in Beispielen auf alle wesentlichen Fragen der Energetik, zumal ihres zweiten und dritten Satzes, zurückkommen werden.

Auch dann erst sei gewisser Phänomene im Anorganischen gedacht, deren Gesetzlichkeit alle drei unserer Energiesätze noch nicht berühren: hierher gehört vor allem das Zeitliche an ihnen, ein Problem, mit dem der Vorgang der sogenannten 'Katalyse' in Beziehung gebracht wird.

Ehe wir nun aber zu weiteren Betrachtungen fortschreiten, wird es am Platze sein, das Wesentliche, was wir über den zweiten und dritten Energiesatz gewonnen haben, kurz zusammenzustellen.

i. Zusammenfassung.

§ 154. Der zweite und dritte Grundsatz der reinen Naturwissenschaft lauten in kurzer Form: 'Ohne Differenzen der Veränderungspotenzen kein Geschehen' und 'Das Veränderlichste verändert sich zuerst'.

Digitized by Google

Aus beiden wird der wahre zweite Hauptsatz der Energetik: Ohne unkompensierte Intensitätsdifferenzen kein Energieübergang; das Geschehen geht von der höchsten Intensität aus.

Dieser Satz kann auch gefaßt werden als Satz von der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile wahrer zweiter Art: Aus überall gleichen oder kompensierten Intensitäten läßt sich kein Geschehen gewinnen.

Der zweite Hauptsatz der Energetik ist ganz vorwiegend aprioristisch, nur in Unwesentlichem empirisch. Ihm kann durch keinen Naturvorgang in der unbelebten oder belebten Natur widersprochen werden.

Neben den zweiten Hauptsatz der Energetik stellt sich ohne Korrelat im Gebiete reiner Kausallehre der dritte Hauptsatz der Energetik oder der Satz von der Zerstreuung und damit, wegen des wahren zweiten Energiesatzes, der Entwertung der Energie: Alle bekannten anorganischen Vorgänge in einem System verlaufen unter Senkung der absoluten Höhe mindestens des höchsten unkompensierten, also verfügbaren Intensitätswertes.

Dieser Satz ist rein empirisch, und zwar kollektiv-empirisch; ihm könnte wohl widersprochen werden, doch wegen des zweiten Teiles des wahren zweiten Hauptsatzes nicht in der Form, daß eine Hebung, sondern nur in derjenigen, daß ein Gleichbleiben der absoluten Höhe des höchsten Intensitätswertes behauptet würde.

§ 155. Es ist klar, daß der zweite und dritte Hauptsatz der Energetik weniger 'Energie'-, als Faktorensätze sind[1]); es muß weiter klar sein, daß sie beide das Problem der Qualität der Umwandlung als solches gar nicht berühren, sondern nur über gewisse dabei sich betätigende quantitative Verhältnisse etwas aussagen, wie das, freilich in anderer Beziehung, auch der erste Hauptsatz tut. Im Begriff der 'Äquivalenz der Intensitäten', der 'Kompensation' und deren durch 'Auslösung' erfolgender Aufhebung, die eben zum 'Geschehen' führt, wird zwar wohl implizite mitgedacht, daß es hier auch Qualitatives gäbe; aber die 'Maschinengleichung', in der dieses alles liegt, wird doch durchaus nur als gegeben betrachtet.

§ 156. Es ist klar, daß die 'Maschinengleichung', anders gesagt die 'Maschinenbedingungen' einmal eine rein konstellative Seite haben; durch diese bestimmen sie die Richtung und Örtlichkeit des

1) Vgl. auch Planck: Wied. Annal. 57, 1896, p. 72. Zwar unterschätzt Planck die großen Verdienste der Energetik.

Digitized by Google

Geschehens, sind also geometrisch-mechanisch. Ihre andere, nämlich ihre eigentlich qualitativ-umwandelnde Seite liegt ganz wesentlich in den 'Stoff'-Qualitäten der Bestandteile des ganzen Systems; diese Qualitäten aber drücken sich in den 'Konstanten' der verschiedenen Bestandteile aus, und zwar zeigt die einfachste Überlegung, daß es zumal unsere Konstanten der zweiten Art sind, welche hier das Bereich ihrer Geltung haben: sie, nicht die durch die Energiesätze ausgedrückten Gesetzlichkeiten, werden damit recht eigentlich zu Bestimmern der Qualität der Effekte. Hier ist nun ganz vorwiegend ein Gebiet empirischer Forschung.

4. Die Minimumsätze.

§ 157. Als vierter Grundsatz reiner Naturwissenschaft galt uns der Satz von der Eindeutigkeit des Geschehens. Fragen wir uns schließlich, in welcher Form er sich im Empirischen zeigt.

Es ist von vornherein klar, daß eine wesentliche Ummodelung, ein wesentlicher Besatz gleichsam mit empirischen Verzierungen ihm gar nicht zukommen kann; so einfach und klar ist sein Inhalt. In der Tat sind gewisse auf ihn bezügliche Daten der empirischen Physik mehr aus andern Gründen als gerade seinetwegen vorgebracht worden und dienen in der Tat eher dazu, sein Wesentlichstes zu verschleiern als hervorzuheben.

Daß alle Minimumsätze, die zumal in der reinen Mechanik eine Rolle spielen, im Grunde nur umgekehrte Aussagen des allgemeinen Kausalprinzips sind, ist klar: es kann nicht mehr geschehen, als wofür die Ursache reicht, und was geschieht, das geschieht auf dem Wege der eben durch die Umstände als einfachster gegeben ist. Naturgemäß ist dieser 'einfachste', also etwa der 'gerade' oder der zeitlich kürzeste Weg, eindeutig.

§ 158. Ein gewisses mathematisches Interesse erhalten die Minimumsätze nur dadurch, daß gewisse bestimmte, 'charakteristische' Funktionen angebbar sind, die ein 'Minimum' werden sollen, und mit diesem mathematischen Interesse kann auch wohl, zum Beispiel in der Optik, ein empirisch-sachliches zusammenfallen.

Ostwald hat nun darauf hingewiesen, daß ja aus der Bemerkung, eine Variation müsse im bestimmten Falle = o werden, für die zugehörige Integralfunktion neben einem Minimum auch ein Maximum (oder ein Wendepunkt) folgen könne, und hat das wirklich Stattfindende insonderheit als sogenannten 'ausgezeichneten Fall' bezeichnet. Es scheint mir aber, als ob man den Maximumwert in

Digitized by Google

solchen Fällen (ebenso wie einen eventuellen Wendepunktwert) logisch immer von vornherein als sachlich sinnlos ausschließen könne, ebenso wie man bei quadratischen Gleichungen von physikalischer Bedeutung so oft die eine Wurzel als sachlich sinnlos von vornherein ausschließen kann, und daß das Minimum stets logisch ohne weiteres der 'ausgezeichnete', nämlich der 'eindeutige' Fall ist.

Übrigens sind diese Verhältnisse meines Erachtens von Petzoldt[1]) und von E. v. Hartmann so erschöpfend auseinandergesetzt worden, daß ich ihren Darlegungen Wesentliches nicht beifügen kann.

§ 159. Darüber, daß die 'Eindeutigkeitsprinzipien' in Wahrheit immer Minimumprinzipien sind, darf die Tatsache nicht hinwegtäuschen, daß sie oft die Form eines Maximumprinzips haben. Wenn z. B. Ostwald[2]) das Prinzip aufstellt: 'von allen möglichen Energieumwandlungen wird diejenige eintreten, welche in gegebener Zeit den größtmöglichen Umsatz ergibt', so ist klar, daß hierfür ebensowohl zu setzen ist, daß diejenige Energieumwandlung unter allen möglichen einträte, für welche der wegen der Kausalverhältnisse überhaupt erreichbare Umsatz in der kleinsten Zeit geschähe.

So allein ist wiederum das Geschehen eindeutig, ja so allein ist es überhaupt nach allen Seiten hin kausal bestimmt: verliefe das Geschehen nicht so, nicht nach diesem Minimum- (bzw. Maximum-) Prinzip, so müßten wir für sein Abweichen von dem durch das Prinzip ausgedrückten Verhalten nach besonderen Faktoren suchen. Solche Faktoren brauchten natürlich keine im engeren Sinn energetischen, sondern könnten z. B. solche der Richtung sein, wie ja denn überhaupt von uns eingehend ausgeführt wurde, daß 'Energetisches' allein die erweiterte Wirklichkeit nicht deckt.

§ 160. Hat man also bereits den ersten, zweiten und dritten Hauptsatz der Energetik, so sagt ein vierter Hauptsatz, derjenige von der Eindeutigkeit aller Energieumsätze, nichts wesentlich Neues, sondern hebt eine wichtige Seite des bisher Festgestellten nur noch einmal gesondert hervor: war doch das überhaupt vorhandene Quantum von Umsatzgeschehen schon durch den ersten Hauptsatz gegeben, und war doch, daß und wie Umsatz stattfinden mußte, schon durch den zweiten Hauptsatz ausgedrückt, durch den dritten näher spezifiziert worden.

Der Satz von der Eindeutigkeit ist gewissermaßen der allgemeinste

1) Maxima, Minima und Ökonomie. Altenburg 1891 (aus Vierteljahrsschr. wiss. Phil.).

2) Allgem. Chem. II, p. 37.

Digitized by Google

der Naturphilosophie sowohl wie der Energetik; der in letzterer Wissenschaft historisch eingebürgerten Numerierung zu Gefallen haben wir ihn als letzten behandelt, wie wir überhaupt ihretwegen den Stoff reiner Naturwissenschaft so angeordnet haben, wie es geschah.

5. Die energetischen Sätze in ihrem Verhältnis zu den beiden Grundformulierungen empirischer Kausalität.

§ 161. Am Beschluß unserer allgemeinen Betrachtungen über das Schema der Ursächlichkeit in der Natur, als welche wir die Gesamtheit der in diesem Hauptabschnitt durchgeführten Untersuchungen wohl bezeichnen können, wird es zur Gewinnung völliger Klarheit in diesen Dingen nützlich sein, wenn wir die Aufmerksamkeit noch einmal zurücklenken auf Erörterungen über den allgemeinsten Sinn des Ursachsbegriffs, mit denen wir unser Studium der Sätze reinen Wissens einleiteten, und wenn wir mit dem dort Gewonnenen die allgemeinsten Ergebnisse der Analyse der beiden ersten Energiesätze, also der empirischen, der Natur-Kausalität zusammenhalten. Wir führen damit im Grunde nur einen an der genannten Stelle schon angebahnten Gedanken weiter aus.

Wir erörterten früher (p. 44), daß der allgemeine Ursachsbegriff, als Begriff der notwendigen Geschehensfolgenverknüpfung, in verschiedenen Formen gefaßt werden könne. Man könne sich, führten wir aus, entweder alle zu einer Veränderung notwendigen Faktoren bis auf einen realisiert denken und die Realisation dieses einen dann Ursache nennen, oder aber man nenne die Gesamtkonfiguration A der Faktoren eines Systems zur Zeit t_1 die 'Ursache' seiner Gesamtfiguration zur Zeit t_2.

Es ist nun lehrreich, diese beiden Wendungen mit dem ersten und dem zweiten Energiesatz zusammenzuhalten.

§ 162. Aus der zweiten derselben, derjenigen also, welche den Ursachsbegriff gleichsam kollektivistisch faßt, haben wir schon in jenem hier wieder herangezogenen Kapitel, unter Zuhilfenahme des Begriffs der Quantität, den 'ersten Satz des Geschehens' abgeleitet. Daraus folgt ohne weiteres, daß auch der erste Energiesatz mit dieser kollektivistischen Ursachsform in logischer Beziehung steht, daß also der Satz von der Energiekonstanz eines geschlossenen Systems der kollektivistische Ausdruck empirischer Kausalität ist.

§ 163. Der wahre zweite Hauptsatz der Energetik ist nun der spezialisierende Ausdruck empirischer Kausalität und als

Digitized by Google

solcher ein ausführendes Korrelat zu jener Auffassung allgemeiner Kausalität, welche den einzelnen Faktor betont.

Das Gesagte erscheint ohne weiteres einleuchtend, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß die wirken könnenden Charakteristika, die 'Intensitäten' der einzelnen Systemteile, im zweiten Hauptsatz ja das eigentliche Objekt der Betrachtung sind.

§ 164. Ja, der zweite Hauptsatz wird von einer spezialisierenden empirischen Fassung des Kausalbegriffs geradezu zu einer solchen, die man in bildlichem Ausdruck als 'individualisierende' bezeichnen könnte, wenn man auf die 'Intensitäten' der Elemente höchst erweiterter Wirklichkeit, also auf 'Agenspunkte' reflektiert, und eine auf das Letzte gehende analytische Naturforschung muß das tun.

In solcher 'individualisierenden' Fassung handelt der zweite Hauptsatz von der Vorbedingung des allereinzelnsten Sichveränderns, im Sinn eines aktiven Wirkens und eines passiven Empfangens, und ist also der höchst analysierte empirische Ausdruck der spezifizierenden Form des Kausalitätsschemas.

Im Intensitätenschema kommt also das Allerintimste des Kausalen in Hinsicht der empirischen Natur zum Ausdruck; wenigstens soll das im Prinzip der Fall sein; ein vertieftes Studium gewisser Gebiete anorganischer Forschung wird uns später allerdings zeigen, wie wenig wirkliche Forschung hier der ideellen entspricht.

§ 165. Wir haben an jener früheren Stelle dieser Schrift endlich noch einer dritten Fassung des allgemeinen Kausalsatzes Erwähnung getan, indem wir aussagten, daß auch derjenige allèr zu einer Veränderung notwendigen Faktoren, von welchem die Spezifität oder die Lokalität derselben abhängig sei, insonderheit als 'Ursache' bezeichnet werden könne: diese Fassung des Begriffs des Kausalen hat mit den Energiesätzen keine intimeren Beziehungen. Sie reflektiert dafür, soweit 'Spezifität' in Betracht kommt, auf den Begriff der Konstanten, als des Inbegriffs von Möglichem: zur 'Ursache' wird hier eine 'Potenz', ein 'Wirkliches' nur im hoch erweiterten Sinne dieses Begriffs.

Es tut der praktischen Verwendbarkeit dieser auf die Spezifitätsbestimmung der Effekte den Nachdruck legenden Auffassung des Kausalen keinen Abbruch, daß sich nicht immer nur ein Faktor aus dem gesamten Veränderungsfolgengetriebe angeben läßt, durch dessen Charakteristik die Bestimmung des Effektes gegeben sei: praktisch wird sich eben meist doch ein hier besonders bevorzugter, wenn schon nicht allein maßgebender Faktor aussondern lassen, wie z. B.

Digitized by Google

in dem alsbald zu erörternden Gebiete des Biologischen, und wenn, wie meist im Chemischen, zwei Faktoren als gleichermaßen effektsbestimmend erscheinen, so hat man sich eben damit abzufinden. Doch würde eine weitere Verfolgung dieser Dinge dem engeren Gebiet einer ausgeführten Kausalitätstheorie angehören.

Der gleichsam populären Wendung des Ursachsbegriffs liegt unsere letzterörterte Auffassungsart wohl am fernsten; sie ist aber die tiefste. Über ihren logischen Charakter werden wir am Schlusse des Ganzen noch einiges zu sagen haben. Es verdient Beachtung, daß die 'Ursache' dieser tiefstgehenden Auffassungsart der Kausalität zur 'Bedingung' wird, sobald wir das individualisierende Kausalschema, welches insonderheit den 'letzten' aller 'Faktoren' als Ursache bezeichnet, bevorzugen; eine gute Illustration für unsern oben (p. 45) getanen Ausspruch, daß keine der drei Formulierungen des Kausalen an und für sich 'richtig' oder 'falsch' sei.

Die 'lokalisierende' Bedeutung des Kausalen kann mit seiner spezifizierenden, also der Kausalwertigkeit von Konstanten, zusammenfallen; das ist dann der Fall, wenn wegen der Empfangsfähigkeit eines eben durch diese Konstante gekennzeichneten Körpers oder Körperteiles ein Ursachsgetriebe hier und nur hier eine Wirkung zeitigt. Daneben kann Lokalisation von Effekten natürlich auch von irgendeinem der für die Spezifizierung ganz oder nahezu bedeutungslosen Kausalfaktoren abhängen: dann ist sie letzthin eine Folge der allgemeinen Konstellation des in Frage kommenden Systems, welche zufällig oder 'teleologisch' bedeutsam sein kann, und darum in kausalem Sinn an und für sich ohne eigentlich tiefere Allgemeinbedeutung[1]).

1) Vornehmlich habe ich bei dieser Erörterung biologische, und zwar speziell formphysiologische, also sehr kompliziert geartete Phänomene im Auge.

Digitized by Google

D. Die vorliegenden Ergebnisse autonomer Biologie.

§ 166. Nach unserer Schematik der einfacheren (anorganischen) Naturbegriffe und nach Zergliederung der fundamentalen Gesetze reiner und empirischer Naturwissenschaft gehen wir zu einer analytischen Betrachtung der Lebensvorgänge über.

Es soll aber hier nicht etwa eine allgemeine Physiologie geschrieben werden, es sollen vielmehr nur die wesentlichsten Sonderaussagen, welche es über das Fundamentale des Lebens gibt und geben kann, begrifflich geprüft und am Maßstabe reiner Naturwissenschaft gemessen werden, ebenso wie das für die fundamentalen Sonderaussagen des Anorganischen geschehen ist.

Es liegt in der Natur der Sache, nämlich des Zustandes biologischer Wissenschaft, begründet, daß der mit diesem Abschnitt beginnende zweite Teil unseres Buches im wesentlichen neu schaffend vorzugehen hat, denn es gibt eben wenig biologische Fundamentalbegriffe von Wert, und erst recht gibt es wenig kritische Analysen und Vergleichungen solcher Begriffe. Angesichts solcher Umstände muß es passend erscheinen, gleichsam historisch alles bisher Geleistete und Versuchte zusammenzustellen, um alsdann in freier Weise neue Bahnen zu betreten; das erste soll in diesem, das zweite in einem späteren Abschnitt geschehen.

1. Der ältere Vitalismus und die materialistische Reaktion.

§ 167. In mannigfacher Fassung haben frühere Generationen von einer 'Lebenskraft' geredet; solches sagte im wesentlichen nur Negatives aus; es verlieh nämlich der Tatsache Ausdruck, daß es nicht möglich sei, das Wenige, was man vom Leben erkannt hatte, in chemisch-physikalisch Bekanntes aufzulösen. Blumenbach und Johannes Müller sind die dem Namen nach am besten bekannten

Digitized by Google

naturwissenschaftlichen Vertreter dieser übrigens sehr allgemein herrschend gewesenen Auffassungsart, deren Analyse uns einst an anderem Orte beschäftigen wird.

§ 168. Eine Physiologenschule, die sich vornehmlich an die Namen Ludwig und E. du Bois-Reymond und, soweit die allgemeine Überzeugung in Betracht kommt, auch an denjenigen Helmholtz' knüpft, begann dann, etwa um Mitte des vorigen Jahrhunderts, zu behaupten, daß 'das Leben' nur eine Kombination anorganischer Phänomene sei. Eigentlich beeinflußt war diese Schule von dem damals herrschenden, als Reaktion gegen Auswüchse der an sich tief berechtigten Naturphilosophie entstandenen metaphysischen Materialismus. Das Vorgehen dieser Schule war durchaus dogmatisch, die Sondergründe für ihre allgemeinen Behauptungen waren äußerst dürftig und beschränkten sich im wesentlichen auf Bemerkungen darüber, daß gewisse Bestandteile der Organismen eben auch in gewissen Fällen elektrisch werden können oder hydrostatischen oder andern Gesetzen folgen. Diese Schule hat, unbeschadet ihrer Verdienste für die physiologische Technik und unbeschadet mancher wertvollen Einzelermittlung, auf den eigentlich wissenschaftlichen Fortschritt hemmend gewirkt, und hemmt noch heute den wissenschaftlichen Fortgang, da sie die Unbefangenheit des Forschens trübt. Auch kann die Bemerkung nicht unterdrückt werden, daß viele der angeblichen Tatsachenermittlungen, zumal auf elektro- und resorptionsphysiologischem Gebiete, sich später als falsch oder als nebensächlich erwiesen haben. Erst viel später (Berthold, Bütschli u. a.) ist anorganische Auflösung gewisser Phänomene im Biologischen wirklich kritisch und wirklich erfolgreich, und daneben anderem Spielraum lassend, versucht worden.

Unsern hier verfolgten Zweck gehen weder die alte 'Lebenskraft' noch die unkritisch-materialistische Biologie etwas an.

§ 169. Ebensowenig aber haben wir zu tun mit biologischen angeblichen All-Lösungen, die sich die fiktive, mit Atomen und Molekülen in materialistischer Weise hantierende Physik und Chemie zur Richtschnur wählten: mit Darwins Pangenesis begann in neuerer Zeit diese Art des Theoriebauens, in Weismann hat sie wohl ihren letzten Vertreter.

Aber auch chemische All-Lösungen brauchen wir nur zu nennen: wenn nach Pflüger die Cyangruppe (*CN*), nach Loew die Aldehydgruppe im Eiweiß-'Molekül' der eigentliche Bedinger der Lebensphänomene sein sollte, so ergibt sich ohne weiteres, daß hier nur ein

Digitized by Google

einziger Lebensproblemkreis, derjenige des 'Stoffwechsels' oder, noch spezieller, nur derjenige der 'Atmung', eigentliches Objekt theoretischer Betrachtung gewesen war. Von einem ähnlichen Versuche Herings und von den Ausführungen von Kassowitz und Verworn gilt Entsprechendes. Übrigens fallen diese Versuche sämtlich unter den Begriff der chemisch-physikalischen Dogmatik.

2. Aussagen von Physikern über Biologisches.

§ 170. Es sind Physiker, nicht Biologen gewesen, von denen tiefer dringende Versuche, das Charakteristische der Lebenserscheinungen zu erfassen, ausgegangen sind, und zwar sind solche Betrachtungen an den 'zweiten Hauptsatz' der Thermodynamik, beziehungsweise an die Frage nach seiner Allgültigkeit, angeknüpft worden. Wir erinnern hier an unsere Behandlung jenes Satzes und bemerken, daß in unserer Terminologie der 'wahre' zweite Satz es ist, um den es sich handelt.

§ 171. Maxwell ist es gewesen, welcher Betrachtungen dieser Art anbahnte, leider geschah es durchaus auf Basis fiktiver Anschauung, nämlich ausgehend von der Fiktion, daß Wärme Bewegung 'sei', also nicht unbefangen. Helmholtz hat später der Maxwellschen Betrachtung beigestimmt, und neuerdings ist sie wiederholt, aber ohne nennenswerte Erweiterung oder Vertiefung, kommentiert worden.

Es folge hier Maxwells Darlegung wörtlich nach der deutschen Übersetzung[1]):

'Wenn wir uns ein Wesen denken, dessen Fähigkeiten so geschärft sind, daß es jedes Molekül bei dessen Bewegung verfolgen kann, so würde ein solches Wesen, dessen Eigenschaften aber immer noch wesentlich endlich sind, ebenso wie unsere eigenen, imstande sein, das zu leisten, was uns gegenwärtig unmöglich ist. Wir haben nämlich gesehen, daß die in einem Gefäß mit Luft von überall gleichförmiger Temperatur befindlichen Moleküle sich keineswegs mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegen, obgleich die mittlere Geschwindigkeit jeder größeren Anzahl derselben, welche willkürlich ausgewählt ist, stets überall dieselbe ist. Wir wollen uns nun denken, daß ein Gefäß in zwei Teile, *A* und *B*, geteilt sei durch eine Scheidewand, in welcher sich ein kleines Loch befindet. Ein Wesen, welches die einzelnen Moleküle sehen kann, mag dann abwechselnd dieses Loch

1) Theorie der Wärme, deutsch von Neesen, Braunschweig 1878, p. 374.

Digitized by Google

öffnen und verschließen, und zwar in der Weise, daß nur den rascher gehenden Molekülen gestattet ist, von *A* nach *B* überzugehen und nur den langsameren umgekehrt von *B* nach *A*. Dieses Wesen wird daher ohne Aufwand von Arbeit die Temperatur von *B* steigern und die von *A* erniedrigen im Widerspruch mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik'.

§ 172. Helmholtz[1]) denkt sich etwas realer etwaige Abweichungen vom (wahren) zweiten Hauptsatz in Lebewesen durch die 'feinen Strukturen der Gewebe' bedingt; auch er steht auf fiktivem Boden. In Verbindung mit seinem Gedanken mag Preyers Bemerkung hier erwähnt sein, daß wohl zu beachten sei, wie doch fast alles Geschehen bei Lebewesen in kapillaren Räumen vor sich gehe, eine Bemerkung, die durch Bütschlis Nachweis der Schaumstruktur des Protoplasmas eine noch tiefere Bedeutung erhalten hat.

§ 173. Als eigentlicher Begründer der Spekulationen über das Verhältnis des organischen Geschehens zur Thermodynamik (Energetik) mag vielen wohl W. Thomson gelten: er formulierte den fraglichen zweiten Hauptsatz geradezu mit Verwendung der Worte 'in inanimate material'. Näher ausgeführt wird aber ein Ausblick auf Biologisches von ihm meines Wissens nicht, und wir haben an anderer Stelle dieser Schrift (p. 78) bemerkt, daß jenes Wort an seinem Orte nichts anderes als 'von selbst' oder 'ohne Kompensation' zu bedeuten brauche, welche Begriffe eingehend von uns analysiert worden sind.

§ 174. Prüfen wir nun den Inhalt des Maxwellschen Ausspruches:

Soll in ihm die eventuelle Nichtgültigkeit des zweiten energetischen Hauptsatzes für gewisse Lebensgeschehnisse ausgesprochen werden, so müssen natürlich jene 'Wesen', welche das Loch in der Wandung abwechselnd öffnen und schließen, als Symbol für einen den Intensitätensatz nicht achtenden Lebensprozeß angesehen werden. Es ist nun klar, daß selbst bei solcher Wendung der Sachlage Maxwell eigentlich nicht die Lebensprozesse auf ihr eventuelles Bewahren oder Nichtbewahren des zweiten Hauptsatzes hin prüft, sondern daß er vielmehr nur hypothetisch ausspricht, wie es sein würde, wenn er nicht gälte. Im Grunde wird also gar nicht Biologisches analysiert, sondern es wird nur — und zwar in sehr fiktiver Sprache — ausgesagt, daß ein Nichtgelten jenes Satzes für die Lebewesen doch wohl denkbar sei. Damit aber wird die empirische Natur des

1) Klassiker Nr. 24, p. 30, Anm.

Digitized by Google

wahren zweiten energetischen Satzes behauptet, welche wir bestritten haben.

Daß Maxwell diese überhaupt behaupten kann, verdankt er lediglich seiner fiktiven Auffassung der 'Wärme'; im Sinne dieser Fiktion wird nämlich das eigentlich Notwendige am wahren zweiten Hauptsatz durch die hypothetischen Wesen gar nicht verletzt: es 'gibt' ja keine 'Wärme' mit verschiedenen 'Intensitäten', es 'gibt' ja nur lebendige Kraft! Man sieht hier, wie Fiktionen geeignet sind, das Naturgegebene, welches sie abbilden sollen, zu entstellen und geradezu auf den Kopf zu stellen! Aus der gesamten Maxwellschen Darlegung folgt also für die Biologie gar nichts und folgt für die Physik höchstens dieses eine sehr Wichtige: daß die Fiktion bewegter Moleküle nicht einmal ein geeignetes Bild der Wärmevorgänge sein kann.

§ 175. Wir haben trotz des geringen Gewinnes, den die geschilderten Äußerungen für unsere eigentlichen Zwecke bieten, sie deshalb hier so eingehend behandelt, weil man es oftmals hören kann, Maxwell oder Helmholtz oder gar W. Thomson hätten die Ungültigkeit des 'zweiten thermodynamischen Hauptsatzes' für die Organismen behauptet, während erstere, wie gesagt, nur bedeutungslose Scheinfolgerungen aus unhaltbaren physikalischen Fiktionen gezogen haben, Folgerungen, die am logischen Charakter des erweitert Wirklichen sofort zerschellen; in ganz anderem Zusammenhang werden wir später noch einmal kurz auf Maxwells Ausspruch zurückkommen.

§ 176. Auf die neuerdings oft erörterte Stellung von Hertz zum biologischen Grundproblem näher einzugehen, finde ich keinen Grund: er meint, sein 'Grundgesetz', eine Mischung der Galilei-Gaußschen Theoreme[1]), sei vielleicht für das Lebendige zu beschränkt[2]); das Grundgesetz selbst wird als bloße Tatsache behauptet. Da wir, wie erörtert, hier keine 'Tatsache', sondern Notwendigkeit der Bejahung sehen, so kann von einem zu 'beschränkten' Charakter jenes Gesetzes für uns höchstens in dem Sinne die Rede sein, daß es für das Leben zu allgemein sei, nicht daß es Ungültiges aussage. Im 'Verborgenen', um mit Hertz zu reden, müßten also für uns die

1) 'Jedes freie System beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung in einer geradesten Bahn' (Mechanik, p. 162).

2) So in der Einleitung; später wird die Gültigkeit des Grundgesetzes für Lebenskörper auf p. 165 als 'zulässige', auf p. 166 als 'unwahrscheinliche' Hypothese bezeichnet — offenbar ein Redaktionsfehler; dem Sinne nach soll es das zweite Mal 'wahrscheinlich' heißen.

Digitized by Google

Sonderkennzeichen des Lebens gesucht werden. Später werden wir die materialistische, d. h. 'extensiv-mannigfaltige' Wendung dieser Möglichkeit, wie sie Hertz vertritt, sachlich ablehnen, um eine 'vitalistische' Wendung für sie einzusetzen.

§ 177. In anderer als der bisher geschilderten Weise ist Ostwald[1]) biologischen Problemen vom Standpunkt der 'Energetik' nahegetreten. Obwohl radikaler Empirist, ist er doch von der Allgültigkeit der beiden 'Hauptsätze' so überzeugt, daß er gelegentlich angebliche Verletzungen derselben durch die Physiologen scharf tadelt; auch will er mit den Neovitalisten nichts zu tun haben.

Trotzdem ist gerade Ostwald selbst in gewisser Hinsicht recht eigentlich zum energetischen Vitalisten geworden, freilich in etwas unbestimmter Form.

Es scheint ihm nichts im Wege zu stehen, gewisse Lebensphänomene, so z. B. schon den Vorgang der Nervenleitung, namentlich aber das 'Geistige' und den 'Willen', auf Rechnung besonderer, nicht anorganischer Energiearten zu setzen (Zusatz 24).

Wenn man sich dessen erinnert, was wir über die Bedeutung aller Energetik ausgeführt haben, wird man uns nicht verargen können, daß wir Ostwalds vitalistische Energetik als unbestimmt bezeichnet haben.

Energie 'ist' ein Kausalmaß, weiter nichts. Eine 'Energieart' wird nur durch die Natur ihrer Faktoren als gesonderte erkannt. Zu dieser Natur der Faktoren gehört neben sehr vielem andern, was gar nicht ins Bereich der energetischen Hauptsätze fällt, vor allem der kompensative Äquivalenzwert der Intensität.

Naturgemäß weiß Ostwald von allen diesen Dingen bei seinen neuen Energiearten gar nichts; wenn er (p. 393) das Bewußtsein eine 'Eigenschaft' der Nervenenergie im Zentralorgan nennt, in demselben Sinne wie das Räumliche (die Richtung) die Bewegungsenergie charakterisiere, so ist diese einzige näher kennzeichnende Angabe erkenntniskritisch so bedenklich, daß wir von ihrer näheren Erörterung absehen können.

Der Weg, den Ostwald einschlug, war eben das Umgekehrte natürlicher Wissenschaftsbahn: die theoretische Forschung hat mit der sondernden Kennzeichnung der Elemente der Phänomene, energetisch gesprochen also unter andern der Energiefaktoren, zu beginnen, und kann dann zum Zwecke der Anwendung des ersten Hauptsatzes,

1) Vorles. üb. Naturphil. Leipzig 1901.

Digitized by Google

ein bestimmtes aus solchen scharf charakterisierten Elementen gebildes mathematisches Produkt eventuell als besondere Energie-'Art', besser als 'energiewertig' bezeichnen, was alles freilich nur bei schon quantitativer Bewältigung des 'neuen' Gebietes möglich ist. Ostwald aber führt, ganz entgegengesetzt, neue 'Energiearten' ein, ohne über das sie Kennzeichnende auch nur das geringste aussagen zu können.

Energie ist ein Wort für ein Naturmaß ('Erg'); daß sich 'Neues' in der Natur auch nach diesem Maße messen lassen muß, soweit es kausalquantitative Seiten hat, ist selbstverständlich. So betrachtet, bedeuten die 'neuen Energiearten' Ostwalds eigentlich gar nichts. (Zusatz 25.)

Wir zweifeln nicht, daß Ostwald selbst seine Ansichten hier noch wesentlich modifizieren wird; gab er gerade doch schon wiederholt das leider so seltene Beispiel rücksichtsloser Selbstkritik und Selbstüberwindung. Freilich glauben wir andererseits nicht fehlzugehen, wenn wir Ostwalds Grundüberzeugung, trotz aller Ablehnung mechanischer Physik, als eine Art metamorphosierten Materialismus bezeichnen, in dem Sinne, daß er doch etwas gewissermaßen Handfestes, nämlich seine Energie als 'Substanz', als 'Ding' braucht und sich mit höchsten Abstraktionen nicht zufrieden gibt. Solche Grundansicht dürfte freilich einer Variation des bisher von ihm Geäußerten hinderlich bleiben.

§ 178. Noch ein anderer Forscher hat in neuester Zeit biologische Dinge ausdrücklich mit Energetischem in Beziehung gebracht: W. Stern[1]), und zwar ist es der sogenannte 'zweite', insbesondere unser wahrer dritter Hauptsatz, an den er denkt. Wir behandeln Stern hier und nicht etwa im Anschluß an Maxwell, da er mit dessen Gedanken keine Fühlung trat, überhaupt durchaus selbständig dasteht.

Sterns Ausgang ist der Hartmannsche Pessimismus, insbesondere der Gedanke des aus der Energiezerstreuung bei endlicher Welt folgenden Welt- und Lebensendes. Diese Folgerung sei irrig, denn sie setze absolute Intensitätsausgleiche voraus, während es nur asymptotische Ausgleiche gäbe. Nennt man 'Spannung' die Abweichung einer Teilintensität von der mittleren Intensität des Systems (p. 182), 'relative Spannung' das Verhältnis der Spannung eines Teilgebildes zur Gesamtspannung (191), so erscheint letztere unabhängig von der Zeit, und es gilt ein 'Gesetz der Erhaltung der Spannungsquotienten' (192/5). Beim Geschehen wird also nicht wirksame Energie

1) Zeitschr. f. Philos. u. phil. Krit. 121. 1903, p. 175.

Digitized by Google

unwirksam, sondern der Grad der Wirkungsfähigkeit aller Teile wird kleiner. Bei verschiedenen Energiearten wird durch die Kompensationen alles komplizierter, bleibt aber, und zwar in meßbarer Weise, bestehen; die 'Maschinenbedingungen' tragen eben absolute Größen hinein (193).

Für das Leben soll nun eine Zuordnung absoluter Intensitäten zu bestimmten Leistungen nicht bestehen (201): dagegen sprächen alle Gewöhnungen, Anpassungen, ferner das Fechnersche Gesetz usw. Im 'bio-energetischen Gesetz' kommt die Wichtigkeit der relativen Spannungen zum Ausdruck, dieses Gesetz soll nicht alles erklären, aber es gilt überall. Es gelten im besondern für das Leben die 'Prinzipien des kleinsten Aufwandes bei größter Ausnutzung' ('Selbsterhaltung') sowie der 'fortschreitenden Ökonomisation' ('Selbstentfaltung' 209/10); letzteres Prinzip besagt, daß das Leben allmählich mit gleicher Energiemenge Bedeutenderes leisten lernt. Das Leben wird also immer unabhängiger von absoluten Spannungen, sein Grundkennzeichen ist das Vermögen, Störungen der relativen Spannungsverhältnisse zurechtzurücken mit 'qualitativen, zugleich teleologischen Mitteln' auf Grund 'teleologischer Maschinenbedingungen' (227).

Leider führt Stern diesen letzten Gedanken nicht aus; er operierte mit 'Struktur' und 'Plasma'. Wenn allerdings das Plasma selbst 'Maschinenbedingung' genannt (229) und wenn gesagt wird, nicht das Plasma bedinge das Leben, sondern die 'teleologischen Tendenzen' schaffen das Plasma (231), so ist man wohl berechtigt zur Annahme, daß Stern einer Autonomie des Lebens in unserem Sinne zuneige; verwirft er doch auch den psycho-physischen Parallelismus (215 f.).

Es ist unmöglich, die Gesamtheit der zum Teil scharf durchgeführten Gedanken von Stern hier wiederzugeben; auf das Original sei verwiesen.

Zur Kritik sei bemerkt, daß uns der Satz von der Erhaltung der relativen Spannungen ein Sophisma zu sein scheint; aber auch wenn dem nicht so wäre, würden jedenfalls die absoluten Werte der Spannungen sehr rasch unter das Anpassungsvermögen der Organismen sinken. Tatsächlich kennt man eben doch obere und untere absolute Existenzgrenzen und Reizschwellen.

Der Wert der Sternschen Leistung liegt unseres Erachtens mehr in der Fragestellung und in Einzelheiten als im eigentlich Positiven; leider bleibt seine Analyse, wie schon bemerkt, am wesentlichsten Punkte stehen. Auch hat er eine Gliederung des 'zweiten Energiesatzes', wie wir sie vorgenommen haben, nicht versucht (Zusatz 26).

Digitized by Google

3. Einiges über neue Ansätze zu einer autonomen Biologie unter Biologen.

§ 179. Aus J. Reinkes Gedankenkreis[1]) ist ein Begriff hier namhaft zu machen: der Begriff der Dominante. 'Dominanten' sind diejenigen Faktoren eines Systems, von denen Effekte ihrer Spezifität nach abhängen; sie sind also die eigentlichen Träger von 'Maschinenbedingungen'. Diese lösten wir oben (p. 94 f.) in Konfiguration und 'Konstante zweiter Art' auf; es geht aus dem Zusammenhang hervor, daß Reinke bei seinen Dominanten vorwiegend an letztere denkt.

Mit Rücksicht auf die zwei wesentlichen Seiten organischen Geschehens: Lebensformaufbau und Lebensbetrieb, unterschied nun Reinke früher zwischen 'Bildungs- und Arbeitsdominanten'. Neuerdings nennt er nur die ersteren 'Dominanten', die letzteren aber 'Systemkräfte'.

Wichtiger als dieses Terminologische ist Reinkes Auffassung der Natur der Dominanten: da vertritt er nun für die 'Systemkräfte' ausdrücklich, für die 'Dominanten' hypothetisch, aber mit starker Zuneigung, ihre anorganische Natur. Über das 'Seelische' ist er zurückhaltender in der Äußerung, läßt aber auch hier die anorganische Auflösung noch eventuell möglich sein[2]).

Nur wegen seines eigenartigen Begriffs, und weil er für die Formbildung doch nur hypothetisch maschinelle Auflösbarkeit behauptet, haben wir Reinkes hier gedacht; bei rückhaltloser Anerkennung anorganischer Auflösbarkeit des Lebens nämlich wäre er bloß deskriptiver Teleologe.

§ 180. Alle jene Forscher, welche, wie füher ich selbst, in der Zweckmäßigkeit der Organismen nur eine zwar zu konstatierende, aber doch nur beschreibbare Sache sehen, in der 'Teleologie' also nur eine 'andere' Art der Beurteilung des Lebenden, die neben der kausalen einherlaufe ('Statische Teleologie', 'Deskriptive Teleologie'), gehen uns bei unsern hier gepflogenen Betrachtungen nichts an, wenigstens dann nicht, wenn sie hinsichtlich der kausalen Betrachtungsart zu wissen glauben, daß ihre anorganische Auflösung gelingen müsse; sie sind chemisch-physikalische Dogmatiker ('Maschinen-

1) Näheres darüber nebst Literaturangaben bei Driesch, Biol. Zentr. 22, 1902, p. 455 f. — Reinke selbst erklärt für die beste Darstellung seines Gedankensystems seinen Aufsatz 'Die Dominantenlehre' in 'Natur und Schule', Bd. 2, 1903, p. 321. Man vergleiche auch Botan. Zeitung 1904, Heft 5 u. 6.

2) Allerdings verwirft er den psycho-physischen Parallelismus, wodurch er nach meiner Auffassung zum 'Vitalisten' werden muß.

Digitized by Google

theoretiker'). Aber auch jene, welche das Teleologische vertreten und analytisch studiert, die Frage nach vitaler Geschehenssondergesetzlichkeit aber offen gelassen haben, also Bunge, Wolff, Cossmann u. a., können hier nur dem Namen nach genannt sein, (Zusatz 27), denn wir wollen hier nur wirkliche Ansätze zu einer autonomen Biologie zusammenstellen.

§ 181. Durch Forscher, welche zwar wie Pflüger, Loew und andere von einer besonderen, chemisch gekennzeichnet gedachten 'lebenden Substanz' reden, aber nicht wie die genannten, darum alles Lebensgeschehen chemisch-physikalisch sein lassen, sondern an durchaus neue Faktoren denken, welche durch eine besondere chemische Konstitution gleichsam geweckt würden, ohne selbst chemisch zu sein, wird eine besondere Gruppe von 'Vitalisten' repräsentiert: E. Montgomery, K. C. Schneider und Neumeister sind die Hauptvertreter der genannten Ansicht; vielleicht dürfen wir hierher auch T. H. Morgan klassifizieren. Da ich andern Orts[1]) gezeigt habe und auch in diesem Buche später noch zeigen werde, wie der Begriff der 'lebenden Substanz' als einheitlicher Stoffart in jeder Form in Widersprüche verwickelt, und da ich mich mit Schneider, Neumeister und Morgan bereits eingehend auseinandersetzte, das Gedankensystem Montgomerys zu würdigen aber bald Gelegenheit an andrer Stelle haben werde, so liegt keine Veranlassung vor, hier länger bei der genannten Gruppe von Forschern zu verweilen. Fehlt doch auch, wenn wir von Montgomery absehen, bei ihnen der Versuch eines eigentlichen Beweises des 'Vitalismus' ebenso, wie eine nähere Analyse des besonderen Faktors, der aus der 'lebenden Substanz' entspringt (Zusatz 28.).

§ 182. Ein Vertreter der Annahme einer Lebenssubstanz, aber mit neu entspringenden Sondergesetzen, war wohl auch der wenig, vielleicht zu wenig beachtete F. Erhardt[2]); seine über bloße Teleologie ausdrücklich zum dynamischen Vitalismus hinausgehende Arbeit datiert bereits von 1890. Aber er analysierte und bewies denn doch gar zu wenig und ging überhaupt nicht entsprechend auf handgreifliche Tatsachen ein; dieser Umstand und daneben eine äußerst unklare erkenntniskritische Grundlage, auf der es unter andern zu steten Vermengungen des Psychischen und Physischen kam, haben Erhardts geringes Durchdringen verschuldet.

---

1) Organ. Regulat. 1901, p. 140 ff.
2) Mechanismus und Teleologie. Leipzig 1890.

Digitized by Google

4. Eduard v. Hartmann.

§ 183. Wichtiger als alles bisher in diesem historischen Abschnitt Erörterte sind für unsere besonderen Zwecke gewisse Betrachtungen, welche E. v. Hartmann[1]) jüngst den Lebensphänomenen widmete; zwar berühren auch diese Erörterungen noch nicht den eigentlichen Kern der Sache in dem Sinne, wie wir es später fordern und wie wir es zu lösen wenigstens versuchen werden, aber trotzdem sind v. Hartmanns Ausführungen außerordentlich bedeutungsvoll, da sie zum ersten Male bewußt aus dem Leben gewonnene Fundamentalbegriffe fundamentalen Begriffen des Anorganischen gegenüberstellen, leider durchaus auf dem Boden einer, allerdings geklärten, mechanisch-fiktiven Naturanschauung. Methodologisch bedeutungsvoll möchte ich in diesem Sinne die Darlegungen v. Hartmanns in erster Linie nennen. Er analysiert zwar nicht Lebensphänomene letzthin und in der Strenge, wie wir das für notwendig halten; dem philosophischen Rahmen seines Vorgehens entsprechend behauptet er eigentlich mehr, als er beweist; aber diese Behauptungen gehen eben die Fundamente an.

Mit den Erörterungen Maxwells und anderer aber haben v. Hartmanns Formulierungen darum gar nichts zu tun, weil jene, wie wir sahen, eigentlich nur davon reden, was der Fall sein würde, wenn gewisse physikalische Sätze im Organischen nicht gelten würden, wobei Tatsächlichkeiten gar nicht erörtert werden.

§ 184. Wenn 'Kraft' im Sinne des $m \times v$ leisten Könnenden genommen wird, so haben, führt v. Hartmann aus, alle anorganischen Kräfte ein Potential, d. h. sie haben einen angebbaren Ausgangsort, und ihre Wirkungsstärke steht zu der Entfernung von demselben in bestimmtem quantitativen Verhältnis. v. Hartmann will nun zwar von einem 'Sitz' der Kraft nicht reden, er sieht die 'Kräfte' als solche überhaupt als 'metaphysisch' an, wie er denn einem 'kritischen Realismus' huldigt und der fiktiven Physiko-Chemie, wenn schon nicht im Sinne des Kugelatomismus, große Konzessionen macht. Mit diesem allen stimmen wir teilweise nicht überein, doch ist das hier gleichgültig, und kann eine polemische Auseinandersetzung um so eher unterbleiben, als ja unser Standpunkt in diesen Dingen aus den ersten Abschnitten dieser Schrift unzweideutig hervorgeht.

---

1) v. Hartmann verdankt man auch einen guten Entwurf einer Geschichte des neueren Vitalismus: Archiv f. syst. Philos. Bd. 9, 1903, p. 139 ff.

Digitized by Google

Die anorganischen Potentialkräfte nennt nun v. Hartmann[1] 'materiierend', d. h. die Erscheinung der Materie erzeugend; sollen diesen 'Kräften' als Gegensätze andere 'Kräfte' im Organischen gegenüberstehen, so können das nur potentiallose, nicht materiierende, d. h. nicht als Wesentliches die Erscheinung des Materiellen erzeugende Kräfte sein. v. Hartmann wirft die Frage auf, was solche Kräfte, für welche die Frage nicht nur nach einem 'Sitz', sondern auch nach einem Ausgangsorte sinnlos würde, in Verträglichkeit mit dem ersten Energiesatz leisten könnten, und kommt zu dem Schluß, daß sie die Richtung[2]) einer Bewegung ändern und den Angriffspunkt einer Potentialkraft im Potentialniveau, sei es einmal oder sukzessive in verschiedenen Niveauflächen, verschieben könnten, ohne jenen Hauptsatz zu verletzen. Es sei nochmals betont, daß unser Autor bewußtermaßen auf dem Boden einer allerdings sehr geklärten, mechanischen (realistischen) Physik steht.

Auf die andern Hauptsätze der Energetik geht v. Hartmann in seinen Erörterungen nicht ein. Die potentiallosen organischen Kräfte[3]) entscheiden teleologisch über 'die verschiedenen' vom ersten Energiesatz 'offen gelassenen Möglichkeiten', Das 'Gegenwirkungsprinzip' gilt für sie nicht. Ist doch überhaupt die Bezeichnung 'Kraft' für sie ein bloßes Wort, das v. Hartmann später gelegentlich einer polemischen Erörterung passend durch die unbestimmte Bezeichnung 'Agens' ersetzt hat[4]).

Ebenda hat unser Philosoph seine Gedanken in geeigneter Weise noch dahin erläutert, daß 'die submikroskopischen Maschinenbedingungen im lebenden Protoplasma' von den nicht materiierenden Agenzien 'abgeändert' werden.

Wir erinnern uns hier, daß in den Maschinenbedingungen eines Systems der zureichende Grund für vorhandene oder nicht vorhandene Kompensation von Energien oder vielmehr Intensitäten gegeben war, also für Nicht-Geschehen oder Geschehen, und wir erinnern uns ferner, daß sich jene Bedingungen in eigentlich konstruktive (mechanische) und in 'Konstanten zweiter Art' sondern ließen (p. 94 f.).

Bezüglich v. Hartmanns Auffassung des 'Psychischen' und seines Verhältnisses zum 'Physischen' verweisen wir auf die Originalia[5]) und

1) z. B. 'Weltanschauung d. mod. Phys.', p. 112 f.
2) Hierzu auch Manno, s. Zusatz 24.
3) z. B. Kategorienlehre, p. 466 f.
4) Die psychophys. Kausalität. Zeitschr. f. Phil. u. phil. Kritik. Bd. 121, p. 7.
5) Vgl. vorwiegend die Kategorienlehre und den in vor. Anm. genannten Aufsatz.

Digitized by Google

bemerken nur, daß uns diese Tatsachenreihe, nicht etwa das Morphologische, der erste Ausgang seines Gedankengebäudes gewesen zu sein scheint.

§ 185. Eine eingehende Kritik der v. Hartmannschen mehr aussagenden als eigentlich naturwissenschaftlich beweisenden Erörterungen erscheint, zumal in diesem Zusammenhang, unmöglich; wir werden später bezügliche kritische Bemerkungen einzuflechten haben. Hier weisen wir nur darauf nochmals besonders hin, daß jene 'Änderungen' der 'Maschinenbedingungen' ausdrücklich als mit dem ersten Energiesatze verträglich und, auf Basis der mechanischen Physik, als in Kraftrichtungsänderungen und Kraftverschiebungen in Niveauflächen bestehend gedacht sind. In diesem Sinne nur sind die anorganischen 'Kräfte' ein 'Werkzeug' zur 'Betätigung' der organischen 'Agenzien'; die wirklich festgelegten 'Gesetze' des Anorganischen bleiben dabei gewahrt. Will man also die Änderung von Maschinenbedingungen 'Auslösung' nennen[1]), so ist ausdrücklich an eine keine Energie erfordernde Auslösung gedacht!

Es ist klar, daß hier Kausalfaktoren zugelassen werden, die nicht quantitativ nach Kausalmaß meßbar sind; diese Faktoren treten durchaus neben das Energetische in jeder von dessen Formen. Die metaphysische Wendung v. Hartmanns ist dafür gleichgültig.

An diesen Gedanken werden wir später noch einmal kritisch anknüpfen.

5. Meine Entelechielehre.

§ 186. Ich gehe jetzt zu einer Schilderung meiner eigenen biotheoretischen Versuche über, bemerke aber, daß ich hier nur das Allerwesentlichste derselben vorführen kann, und für ein tieferes Eindringen auf meine drei theoretischen Schriften: 'Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge' (1899), 'Die organischen Regulationen' (1901) und 'Die »Seele« als elementarer Naturfaktor' (1903) verweisen muß.

a. Die Beweise der Lebensautonomie.

§ 187. Ich habe fünf voneinander unabhängige Beweise der 'Autonomie' von Lebensvorgängen (des 'Vitalismus') formuliert.

Der erste dieser Beweise ging von gewissen von mir aufgefundenen

1) Über diesen Begriff vgl. z. B. Ostwald, Vorlesungen, p. 299.

Digitized by Google

Phänomenen der experimentellen Entwicklungsphysiologie der Tiere aus, die hier im Interesse nichtbiologischer Leser in Kürze vorgeführt seien: Man kann die sogenannte 'Gastrula', d. h. eine aus der ellipsoidisch geformten Haut und dem ihren Hohlraum zylindrisch durchziehenden Darm bestehende Larve der Seeigel und Seesterne beliebig senkrecht zur Längsachse durchschneiden; wie auch der Schnitt geführt sein möge, wenn nur das untersuchte Stück eine gewisse Größe nicht unterschreitet, gestaltet sich sowohl sein Haut- wie sein Darmbruchteil in der dem Tier eigenen typischen, normalen Proportionalität aus, und es entsteht eine nur proportional verkleinerte, aber relativ normale Larve.

Der Keim der Seeigel stellt bald nach der Befruchtung, im Verlauf der sogenannten 'Furchung', eine von einer Zellenschicht umschlossene Hohlblase dar: man kann nun diese Zellen ganz beliebig zueinander verlagern; falls nur diejenigen eines gewissen Pols dabei nicht getrennt werden, sondern beieinander bleiben, entsteht trotz weitgehender Verlagerung der andern Elemente eine normale Larve. Auch liefert jede der beiden oder der vier ersten Furchungszellen der Seeigel (und vieler anderer Formen) für sich, isoliert, eine der Organisation nach ganze, nur verkleinerte Larve, und unter gewissen Umständen liefern selbst noch die acht, ja die zweiunddreißig ersten Furchungszellen je für sich wenigstens den relativ-normalen, 'ganzen' Ansatz zu einer solchen.

Ein sogenannter Hydroidpolyp, Tubularia, ein aus einem Stiel und einem ihm aufsitzenden blumenartigen Kopfe bestehendes Wesen, verwendet, wenn man ihm den Kopf abschnitt, einen einige Millimeter langen Teil des Stammes zur Bildung eines neuen Kopfes, welcher erst nach seiner morphologischen Fertigstellung durch einen Wachstumsprozeß aus dem das Ganze umgebenden hornigen Skelett frei herausgestreckt wird. Man kann nun die Wunde legen, wo auch immer man will, stets entsteht im Stiel der neue Kopf, wobei klar ist, daß sich je nach Lage der Wunde die verschiedenen Teile des Stieles an Bildung ganz verschiedener Teile des Kopfes beteiligen müssen. Ja, wenn man durch zwei Schnitte ein Stück des Stieles isoliert, welches kleiner ist als das normalerweise zur Bildung des neuen Kopfes verwandte Stielareal, so entsteht trotzdem ein neuer Kopf: das kleine Stielstück verwendet eben dann einen weit kleineren Stielabschnitt als normalerweise dazu; das geschieht sogar schon, wenn das zum Versuch ausgewählte Stielstück eine gewisse Größe auch nur irgendwie unterschreitet.

Digitized by Google

Clavellina ist eine Aszidie, ein festsitzender heller Organismus, der aus zwei deutlich abgesetzten Teilen, dem 'Kiemendarm' und dem 'Eingeweidesack', besteht. Isoliert man durch einen Schnitt den Kiemendarm, so 'regeneriert' er sich entweder durch Sprossung von der Wunde aus zum Ganzen, oder aber er bildet seine Organisation zu einer recht indifferent aussehenden Zellenmasse zurück, und diese gestaltet sich darauf, wie sie ist, zu einer ganzen neuen, natürlich sehr kleinen Aszidie um. Ja man kann den isolierten Kiemendarm ganz beliebig längs oder quer halbieren, das jeweilige Bruchstück bildet sich zurück und gestaltet darauf, als sei es keines, eine ganze sehr kleine Aszidie aus.

Das sind einige der wichtigen Tatsachen, welche meinem ersten Beweis des 'Vitalismus' zugrunde liegen; weitere, zumal von Morgan und Rand festgestellte kommen dazu.

§ 188. Allen diesen Tatsachen ist gemeinsam, daß beliebig gewählte Teile eines Ganzen, ohne Rücksicht auf den besonderen Anteil, welchen sie von ihm repräsentieren, ein neues Ganzes liefern können, und zwar dadurch, daß jedes letzte organische Element, jede 'Zelle' des Teiles des ursprünglichen Ganzen je für sich die Bildung eines bestimmten Teiles des neuen Ganzen übernimmt. Auf die 'Zelle' ist dabei aber kein besonderes Gewicht zu legen: nach Morgan verhält sich das 'einzellige' Infusor Stentor ganz wie die 'vielzellige' Clavellina.

Es ist klar, daß wegen des durchaus beliebigen Charakters des operativen Experimentes jedes Element dazu berufen sein kann, ganz verschiedene Rollen bei Bildung des neuen Ganzen zu übernehmen. Alle Elemente des willkürlich hergestellten Teiles, also auch des ursprünglichen Ganzen, haben also prinzipiell gleiches, und zwar sehr mannigfaches morphologisches Vermögen (Zusatz 29).

Ich habe dieses Vermögen (prospektive) Potenz, ein 'organisches System', das sich wie die geschilderten verhält, aber ein 'äquipotentielles System' genannt.

Nun genügt aber diese Kennzeichnung noch nicht: bei Bildung des neuen Ganzen, das aus einem willkürlich hergestellten Bruchstück (oder einer willkürlichen Verlagerung) des alten Ganzen entsteht, geschehen trotz der sehr mannigfachen Potenz jedes Elementes doch die Leistungen aller Elemente so, daß sie zueinander in 'Harmonie' stehen. Sonst würde ja kein neues relativ-normales, nur verkleinertes Ganze entstehen.

Ich habe daher unsere Systeme in erschöpfender Kennzeichnung: 'harmonisch-äquipotentielle Systeme' genannt.

Digitized by Google

§ 189. Es ist nun klar, daß sich 'Entwicklung' allgemein, wie sie von einem natürlich gegebenen, ungestörten, ganzen Keim aus vor sich geht, wohl möchte prinzipiell physikalisch-chemisch verstehen lassen, falls man sich den Keim als eine zwar in ihren Einzelheiten unter der Grenze selbst mikroskopischer Sichtbarkeit liegende Maschinerie außerordentlich komplizierter Art vorstellte.

Ist aber zugegeben, daß der Ausgang, aus dem sich ein so kompliziertes Ganzes, wie ein Tier, entwickelt, nur eine äußerst komplizierte Maschine allenfalls sein könne, so muß notwendigerweise solche Maschine auch für jeden Ausgang eines relativ gleichen 'Ganzen', also auch für jeden der 'Ausgänge', welche bei unsern harmonisch-äquipotentiellen Systemen zu 'verkleinerten Ganzen' führen können, gefordert werden.

Diese 'Ausgänge' aber sind beliebig, und jedes Element derselben kann jedes[1]), wobei die Harmonie gewahrt wird.

Also müßte jedes Element unserer Systeme gleichzeitig jeden Teil der supponierten Maschine, ja sogar jeden Teil in jeder beliebigen Größe darstellen.

Das ist sinnlos.

Damit aber ist gezeigt, daß die 'Differenzierung harmonisch-äquipotentieller Systeme' überhaupt nicht, jedenfalls nicht nur auf Basis einer aus chemisch-physikalischen Faktoren kombinierten Maschine, daß sie also nach anderer Gesetzlichkeit, als sie aus dem Anorganischen bekannt ist, also 'autonom' vor sich geht.

§ 190. Es ist bedeutsam, sich bewußt zu bleiben, daß mit der Einsicht, es könne die Differenzierung harmonisch-äquipotentieller Systeme jedenfalls nicht nur auf Basis einer Maschinerie irgendwelcher Art vor sich gehen, gar nichts darüber ausgemacht ist, ob nicht etwa irgendwelche 'Maschinen' im Differenzierungsgetriebe als Mittel

1) Für den, der von der absoluten Notwendigkeit des Geschehens überzeugt ist, war natürlich dieses Schicksal gerade dieser Blastomere gerade dieses Eies bereits zu jedem beliebigen Moment der unendlichen Vorzeit fest bestimmt. In diesem tiefsten Sinne hat es keinen Sinn zu sagen: Jedes 'hätte' jedes 'gekonnt'; in diesem Sinne dürfte man überhaupt nicht von 'Potenz' reden.

Die hier vorliegende logische Schwierigkeit ist derjenigen verwandt, welche sich an die Erörterung der Begriffe 'denknotwendig' und 'gedacht' anschloß (p. 32 ff.). Es ist eine Schwierigkeit für Wissenschaftsmöglichkeit überhaupt: sie wird erledigt durch bewußt künstliche, abstrahierende Verfügung über die Naturdaten, wie alle derartige Schwierigkeiten.

Die spezielle biologische Angelegenheit wird durch alles dieses nicht getroffen.

Digitized by Google

zur Verwendung kommen. Wenn also auch unser Beweis in sich die Behauptung enthält, daß eine Theorie, wie etwa die Weismannsche, welche die Entwicklung durch Zerlegung einer Maschinerie zustande kommen und für die zur Zeit ihrer Abfassung allerdings nur in spärlichem Maße bekannten, regulativen Vorgänge allemal eine Ersatzmaschine vorhanden sein läßt, nicht zu Recht bestehen könne — eine Einsicht übrigens, welcher Weismann durch Zulassung des Begriffs der 'vitalen Bindung' seiner Determinanten neuestens selbst ein Zugeständnis macht —, so würde doch für uns gar nichts im Wege liegen, uns etwa den 'Kern' der Zellen, zumal in jungen Stadien, als Gebilde von recht komplizierter physiko-chemischer Mannigfaltigkeit vorzustellen. Wir behaupten nur, daß diese Mannigfaltigkeit als solche für das zu Leistende kein zureichender Grund sei. Denn wenn auch wirklich 'Elementareigenschaften' im Zellkern an materielle 'Träger' gebunden und in ihrer Entfaltung von eben diesen 'Trägern' geradezu abhängig wären, so daß sie bei Nichtvorhandensein des betreffenden Trägers sich nicht entfalten könnten, Anschauungen, welche zumal die neuere Bastardforschung, von der Befruchtungsforschung assistiert, gezeitigt hat, so fehlte eben doch durchaus das die Entfaltung jener Eigenschaften Ordnende und Regulierende: eben das kann keine Maschine sein; das haben wir bewiesen, und dieser Beweis ist namentlich ganz unabhängig davon, daß die Zahl jener Eigenschaftsträger eine zwar große, aber doch endliche ist. Auch die Lettern einer Druckerei sind nach Art und Zahl beschränkt, und sind darum doch der kompliziertesten Vitaläußerungen unerschöpfliches Material (Zusatz 30).

§ 191. Der zweite Beweis der Autonomie der Lebensvorgänge gestaltet sich einfacher als der erste: Der Stamm der höheren Pflanzen besitzt ein Gewebe, das Kambium, dessen einzelne Elemente (Zellen) je für sich zum Ausgang eines neuen Sprosses oder einer neuen Wurzel im Bedarfsfalle werden können. Ähnliche Verhältnisse liegen bei vielen Algen, liegen in der Hautschicht der Blätter der Begonien und sonst botanisch vielfach vor.

Bei Tieren gehen oftmals sogenannte 'Regenerationen' — die dann freilich besser Adventivrestitutionen heißen — von Geweben aus, die in jedem ihrer Elemente Ausgang der Neubildung werden können. Für den Seeigelkeim erkannten wir schon oben, daß seine 4, ja in gewissem Grade sogar seine 32 ersten Furchungszellen je der Ausgang totaler Formbildung werden können; bei Aszidien, Medusen, Fischen, manchen Würmern ist das ebenso.

Digitized by Google

Endlich liegen natürlich in den Generationsorganen, also den Eierstöcken, Gewebe vor, von denen jedes Element Formbildungsausgang werden kann.

Daß nun das komplizierte, zu einem erwachsenen Tier oder zu einer erwachsenen Pflanze führende Formgeschehen nur auf Basis einer gegebenen hochkomplizierten, und zwar naturgemäß nach den drei Richtungen des Raumes verschieden typisch spezifizierten Maschine physiko-chemisch eventuell verstanden werden könnte, sahen wir schon oben ein.

Jedes unserer hier erörterten Systeme, die, wie ohne weiteres klar, auch 'äquipotentiell' sind, muß also etwas sehr kompliziertes, typisch nach den drei Achsen spezifisch verschieden sich Äußerndes in sich bergen. Wir wollen das eine 'komplexe Potenz' und daher unsere Systeme 'äquipotentielle Systeme mit komplexen Potenzen' nennen.

§ 192. Unser zweiter Autonomiebeweis gründet sich nun auf die Genese solcher Systeme. Sie stammen im Lauf der Entwicklung letzthin einmal von einem Element ab. Also muß, wenn die 'komplexe Potenz' eine hochkomplizierte Maschine ist, dieses Urelement jene Maschine besessen haben; die Maschine muß also von einem Element auf sehr viele durch Teilung übergegangen und dabei immer ganz geblieben sein.

Das ist sinnlos, denn eine nach den drei Achsen typisch verschiedene hochkomplizierte Maschine bleibt nicht ganz, wenn sie geteilt wird. Wollte man aber etwa sagen, sie 'regeneriere' sich nach jeder Teilung, so würde man das zu Erklärende voraussetzen.

Unsere 'komplexen Potenzen' können also keine Maschinen sein. Etwas Nichtanorganisches, etwas 'Autonomes' liegt also der Genese und Existenz komplex-äquipotentieller Systeme zugrunde.

Wollte aber jemand einwenden, wir kennten nur die in Rede stehenden Vorgänge noch zu wenig, es sei hier logisch, trotz Kleinheit der in Betracht kommenden Körper, sehr wohl eine Maschine von nahezu unendlicher Kompliziertheit, ja die Welt noch einmal, als Mikrokosmos, zuzulassen, so erwidern wir, daß die Denkbarkeit solches Mikrokosmos allerdings zugegeben sei, daß seine Annahme aber das von uns unmöglich Genannte nicht etwa möglich machen, sondern, sit venia verbo, noch 'unmöglicher' gestalten würde: haben wir doch gerade gezeigt, daß überhaupt der Begriff der Maschine hier gar nicht in Frage kommen kann; eine 'sehr' komplizierte Maschinerie

Digitized by Google

ist damit als Basis der Formbildungsprozesse natürlich erst recht ausgeschlossen.

§ 193. Es ist wohl nicht überflüssig zu bemerken, daß der erste und der zweite unserer Beweise für die Autonomie von Lebensvorgängen beide durchaus aus Analyse des gegebenen Tatsächlichen ohne jedes Hineintragen fiktiver, ja auch nur hypothetischer Elemente gewonnen worden sind; alle Sichtbarkeiten des Formgeschehens brauchen nur lediglich das zu sein, was wir von ihnen erfahrungsmäßig wissen; Deutungen dieses besonderen Elements als 'Vererbungsträger', jenes als 'Ahnenplasma' und eines dritten als 'Somatoplasma' gehen uns ganz und gar nichts an. Unsere Schlußfolgerungen können und müssen von jedem im guten Sinne naiven, das heißt unverbildeten Erforscher der vorliegenden Tatsächlichkeit gezogen werden.

§ 194. Die folgenden Beweise, von denen die soeben gepflogenen Allgemeinerwägungen in gleichem Maße gelten, stützen sich auf die Analyse der höchstkomplizierten Bewegungsreaktionen tierischer Organismen mit Einschluß des Menschen, auf die Analyse der 'Handlungen' (Zusatz 31).

Das mit dem 'Gehirn' in Beziehung stehende 'Reagierende' ist hier von solcher Art, daß die Spezifität seiner Reaktionsfähigkeit durch die Spezifität der Reize, welche es bis dahin gerade getroffen haben, bestimmt wird ('Erfahrung'). Das Reagierende besitzt also eine 'historisch gewordene Reaktionsbasis'. Es können nun aber nicht etwa nur, wie z. B. beim Phonographen, die aufgenommenen Reize in ihrer Spezifität reproduziert werden, sondern über die Elemente des kombiniert Aufgenommenen herrscht 'freie' Verfügbarkeit zu neuer Kombination.

Eine Maschine als Basis solchen Geschehens ist undenkbar; ist doch eine Maschine eine Einrichtung für etwas Festes, Unveränderliches, während hier gerade das Freie, Variierbare das Wesentliche ist.

So ergibt sich denn aus der Tatsache, daß den Handlungen eine historisch gewordene Reaktionsbasis zugrunde liegt, ein dritter Beweis für die Autonomie von Lebensvorgängen.

§ 195. In engem Zusammenhange mit diesem dritten Beweis steht der vierte; auch er ist auf die Analyse der Handlung basiert. Handlungen erfolgen auf typisch kombinierte, 'individualisierte' Reize hin; sie selbst bestehen in ebenso 'individualisierten', auf Grund der 'historischen Reaktionsbasis' erfolgenden Reaktionen. Es kann nun aber

Digitized by Google

durchaus nicht jeweils ein Element der Reizkombination als zureichender Grund je eines Elementes der Effektkombination gelten. Vielmehr kann z. B. die physisch geringfügigste Variation eines einzigen Reizelementes die gesamte Effektkombination verändern, und umgekehrt kann diese oftmals bei völliger physischer Änderung der Reizkombination dieselbe bleiben.

Dafür ist eine Maschine unersinnbar, vielmehr geht die geschilderte 'Individualität der Zuordnung' nach Regeln, die als 'Abstraktion', 'Logik' usw. bezeichnet werden, also nach autonomer Gesetzlichkeit vor sich.

§ 196. Der fünfte unserer Beweise steht in engen Beziehungen zum dritten und vierten. Er ergibt sich, wenn beim analytischen Studium der Handlung das Augenmerk nicht in unbestimmter Weise auf 'das Reagierende', sondern auf das 'Gehirn' gerichtet wird. Die Versuche der Physiologen, vornehmlich die von Goltz, haben hier ergeben, daß dem Hirn beliebige Teile in sehr erheblicher Ausdehnung[1]) genommen werden können, ohne daß, nachdem anfänglich vorübergehende Störungen geschwunden sind, die typischen Kennzeichen seines Funktionierens beeinträchtigt werden. In etwas anderem Sinn als in unserem ersten Beweise können wir also das Großhirn der Wirbeltiere ein 'harmonisch-äquipotentielles System', und zwar ein funktionell-harmonisch-äquipotentielles System nennen.

Es folgt daraus ohne weiteres die Autonomie seines funktionellen Verhaltens.

§ 197. Neben diesen Beweisen habe ich noch eine Reihe von 'Indizien' für die Autonomie von Lebensvorgängen angeführt; doch können diese hier nicht eingehend reproduziert werden[2]).

Dagegen ist hier der gegebene Ort, kurz auf jüngst veröffentlichte Ideen Nolls hinzuweisen, welche neben meinen eigenen die einzigen sind, welche durch streng begriffliche Analyse von Tatsachen zum 'Vitalismus' führen, also einer wirklich naturwissenschaftlichen Lebensautonomielehre Basis schaffen. So weit vorgedrungen, wie ich selbst, ist Noll zwar meines Erachtens nicht. Zwei Faktenreihen sind es, die den genannten Forscher zur Aufstellung des Begriffs der 'Morphästhesie', d. h. der Körperform und Körperlage als eines Reizes,

1) Das intakte Funktionieren des Hirns ist von seinen Faserverbindungen mit, obschon nicht essentiell, abhängig. Störungen dieser, obwohl meist funktionell restituierbar, können daher gelegentlich die 'Hirnfunktionen' fundamental stören, und damit ergeben sich eben Grenzen der Operationsversuche.

2) Vgl. 'Seele', § 84 u. 85.

Digitized by Google

geführt haben: einmal Fälle, in denen pflanzliche Organe ihre durch spezifische Winkel gekennzeichnete Eigenstellung zum Ganzen nach Störungen wahren, und zweitens die entwicklungsgeschichtlichen Tatsachen bei der Algengruppe der Siphoneen; hier zirkuliert das embryonale Plasma permanent, es kann also keine feste Basis für spezifische Gestaltungsvorgänge bilden, in der Hautschicht ist solche Basis zu suchen, aber sie entbehrt entsprechender Strukturen; so ist sie also mit dem nicht näher präzisierten Vermögen, auf Körperreize richtig zu antworten, auszustatten. Bezüglich alles Weiteren muß ich auf das Original[1]) und darf ich auch wohl auf meine Besprechung[2]) desselben verweisen, in der mir, wie ich hoffe, der Nachweis gelungen ist, daß Noll durch weitere Verfolgung seiner Gedanken zu meiner Theorie der harmonisch-äquipotentiellen Systeme, also zur Autonomie der Lebensvorgänge, geradezu gedrängt werde.

Doch kehren wir zur Betrachtung unserer eigenen analytischen Ausführungen zurück:

Unsere bisherigen Darlegungen behaupteten vorwiegend Negatives, wenigstens sagten sie Positives nur in der Verwendung des allgemeinen Wortes 'Autonomie' aus.

b. Formulierungen autonomen Lebensgeschehens.

§ 198. Versuchen wir nun, ob sich etwa auch spezifiziertere positive Folgerungen aus unsern Erörterungen ziehen lassen.

Am fruchtbarsten erweist sich hier der Gedankengang unseres ersten Beweises:

Fragen wir uns unbefangen, wovon bei der Ausgestaltung 'harmonisch-äquipotentieller Systeme' das Schicksal eines bestimmten Elementes, also das, was aus ihm wird, seine 'prospektive Bedeutung', in jedem beliebigen Experimentalfall abhängt, so erkennen wir folgendes: Wir denken uns durch das System, also etwa durch den Stamm einer Tubularie, ein Koordinatensystem so gelegt, daß die eine Koordinate durch seine morphologische Hauptachse geht und die Zählung von einem Ende ('Pol') dieser Hauptachse aus beginnt. Dann ist das Schicksal eines bestimmten Elementes jedenfalls abhängig von seinem Abstand von diesem Nullpunkt, der *a* heißen möge; aus einem Element, für welches *a* ein anderes ist, wird etwas anderes. Aber ferner ist das Schicksal eines Elementes auch abhängig von der

1) Vorwiegend Biol. Zentr. 23, 1903. Dort weitere Literatur.
2) Biol. Zentr. 23, 1903.

Digitized by Google

absoluten Größe des Systems, die g benannt sei; denn mit abnehmender Größe desselben wird ja die ganze Ausgestaltung harmonisch-proportional verkleinert, so daß den einzelnen Elementen jeweils andere Leistungen zufallen. Es ist klar, daß a und g variabel sind. Endlich hängt das Schicksal eines bestimmten Elements natürlich noch ab von einer konstanten Größe, nämlich von der gegebenen Spezifität dessen, was überhaupt bei dieser Spezies sich entwickeln kann; diese Konstante soll E heißen.

S. (Schicksal) $= f(a, g, E)$ ist also der analytische Ausdruck für die Differenzierung harmonisch-äquipotentieller Systeme, wenn auf ein beliebiges Element derselben das Augenmerk gerichtet wird. Bei anderer Wendung der Sachlage lassen sich hier noch andere analytische Formeln gewinnen; da sie inhaltlich alle dasselbe besagen, mag es genügen, hier noch einmal besonders auf meine früheren Schriften zu verweisen.

§ 199. Die Größe E, jene Konstante, von der in jeder Formulierung das jeweilig als abhängig Betrachtete abhängt, ist die Potenz des Systems. Sie ist es, von der bewiesen ward, daß ihr keine Maschine zugrunde liegen könne. Ich habe daher jene Konstante als 'intensive Mannigfaltigkeit', d. h. als nicht durch ein Nebeneinander im Raum vorstellbare Mannigfaltigkeit bezeichnet und mit dem Namen 'Entelechie' terminologisch benannt, womit eine vollständige Identität meines Begriffes mit dem gleichbenannten des Aristoteles natürlich nicht behauptet werden sollte.

Aus dem zweiten unserer Beweise läßt sich keine eigentliche Formulierung des Geschehens gewinnen, es sei denn die absurd klingende $\frac{E}{n} = E$, wo aber E keine einfache Größe, sondern eine typische Mannigfaltigkeit ist. Der Beweis beruhte in der Erkenntnis, daß das, was da immer geteilt werde und doch ganz bleibe, keine Maschine sein könne. Es ist eben dieselbe 'intensive' Mannigfaltigkeit, dieselbe 'Entelechie', die sich aus Analyse des ersten Gedankenganges ergab.

§ 200. Die drei aus der Analyse der 'Handlung' gewonnenen Beweise ergeben ebenfalls keine eigentlichen formelhaften Wendungen, wenigstens würden solche den Sachverhalt nicht irgendwie verdeutlichen.

Es mag daher nur noch ganz allgemein versucht werden, analytisch zu formulieren, was für eine Art von Geschehen eigentlich bei 'zweckmäßigen' (teleologischen) Vorgängen, die einer Autonomie unterstehen, vorliege:

Digitized by Google

Heißt das Ende eines zweckmäßigen Vorgangs der 'Zweckzustand' Z, der Vorgang selbst 'Zweckverlauf', gliedert sich der Zweckverlauf in eine aufeinander folgende Reihe von 'Zuständen des Zweckverlaufs' $(A, B, C \ldots Y)$, deren jeder sich aus $a_1, a_2, a_3 \ldots, b_1, b_2, b_3 \ldots, c_1, c_2, c_3 \ldots$ usw. zusammensetzen kann, falls Z aus den nicht unmittelbar verbundenen Teilen $z_1, z_2, z_3 \ldots$ sich zusammensetzt, so daß also $a_1, b_1, c_1 \ldots z_1$ usw. 'Partialzweckverläufe' bilden, sind ferner $A', B' \ldots$, aber auch z. B. a_1', b_3', e_6' usw. von außen erfolgte Abänderungen der jeweiligen Zustände, und wird durch $\alpha_1, \alpha_2 \ldots, \beta_1, \beta_2 \ldots, \gamma_1, \gamma_2 \ldots$ usw. bezeichnet, was im Gefolge solcher Abänderung, an die Phasen des ursprünglichen Zweckverlaufs sich nicht unmittelbar anschließend, geschieht, so ist allgemein bei autonomem teleologischen Geschehen:

$$\xi_n = f(Z, x_n, x'_n),$$

d. h. das 'unvorhergesehen', gewissermaßen abnorm Geschehende hängt ab von dem Zweckzustand als konstanter Größe, von dem bezüglich seiner bereits Erreichten und von der durch die Änderung jeweilig typisch geschaffenen Reallage.

Die Formel gilt für 'Handlungen' wie für Differenzierungen im Morphologischen und für vieles andere.

§ 201. Für Handlungen ist Z das 'Gewollte', x_n das bereits auf dem Wege zum Gewollten Erreichte, x_n' ein unvorhergesehenes Hindernis in seiner Spezifität. Bei Differenzierungen unserer harmonischen Systeme ist Z die Entelechie (E), x_n die jeweilige Potenz mit Rücksicht auf ihren Realisationszustand, x'_n die experimentell beliebig geschaffene absolute Größe (g). Es geht hier also die allgemeine Formel über in eine speziellere, die ich andern Orts mitgeteilt habe, und die mit der oben angegebenen inhaltlich identisch ist.

Bei Handlungen kann Z z. B. das Ziel eines Spazierganges sein; bekanntlich ist es, z. B. bei einem Gespräch, möglich, daß Z fortwährend seinen Inhalt ändert. Am Prinzipiellen ändert das nichts.

Im übrigen ist hier für solche Einzelheiten nicht der Ort.

c. Die Entelechie als Konstante. Ablehnung einer 'lebendigen Substanz'.

§ 202. Die 'Potenzen' der analysierten Formbildungssysteme, welche 'intensive Mannigfaltigkeiten' sind und 'Entelechien' benannt wurden, habe ich ausdrücklich als Konstante jener Formbildungssysteme bezeichnet, und geradezu in Parallele mit dem gestellt, was in den anorganischen Wissenschaften Konstante genannt wird. Die

Digitized by Google

Entelechien 'sind' daher im Sinn erweiterter Wirklichkeit ganz ebenso, wie andere Konstanten als elementare Weltfaktoren 'sind'. Man müsse, so führte ich aus, Konstante verschiedenen Grades unterscheiden: die physikalischen Konstanten erster Art stellen den niedersten Grad dar, ihnen folgen die physikalischen Konstanten zweiter Art (für qualitative Wandlungen von Energie), diesen die chemischen, den höchsten Grad bilden die Entelechien. Auch in dieser Schrift ist ja an früherer Stelle ähnliches geäußert worden. Schon die chemischen 'Affinitätskonstanten', die sich von Spezifischem auf Spezifisches beziehen, sind, obwohl als Naturfaktoren einheitlich und elementar, doch begrifflich nur diskursiv erfaßbar, die kristallographischen desgleichen; in noch höherem Grade gilt das von den Entelechien.

Daraus, daß also die Entelechien doch nur eben einen höheren Grad gegenüber anorganischen Mannigfaltigkeiten bedeuten, folgt ohne weiteres, daß meine Autonomielehre nicht dem Anorganischen als einer Sonderheit das Lebende als die andere entgegenstellt, sondern daß sie alle Mannigfaltigkeitsarten des Gegebenen dem Grade nach unterscheidet und das so Unterschiedene nebeneinander ordnet: das Lebende ist ein Glied dieser Klassifikation.

§ 203. Das bei Handlungen letzthin Reagierende nannte ich ebenfalls 'Entelechie', obwohl es natürlich etwas anderes ist als die Entelechie der Formbildung. Sind doch auch spezifische Wärme und Molekularvolum Verschiedenes, obwohl beide physikalische Konstanten erster Art sind.

Formbildungs- und Handlungsentelechien haben gemeinsam, daß sie typisch-spezifische Mannigfaltigkeitskombinationen als Einheiten zu andern ebensolchen Einheiten in existenzbestimmende Beziehung setzen, und zwar solches im Sinn unbestimmter Zuordnungsmannigfaltigkeit. Sie sind verschieden, insofern es sich bei der Formbildung um Koexistenz, bei der Handlung vorwiegend um Sukzession der die Mannigfaltigkeitseinheit zusammensetzenden Einzelheiten handelt: man könnte hier kurz von ordnungstypischen und folgetypischen Entelechien reden, wenn man die Worte richtig verstehen will. Was beide scheidet, kommt bei letzter Analyse darauf hinaus, daß bei den ordnungstypischen Entelechieleistungen das Ergebnis jeder Einzelleistung sichtbar erhalten bleibt, daß hier 'die Tätigkeit in ihr Produkt übergegangen ist'[1]); bei folgetypischen Erscheinungen ist das nur dann

1) Vgl. Hegel: Enzyklopädie. Man denke auch an die Begriffe 'natura naturans' und 'natura naturata'.

Digitized by Google

der Fall, wenn Artefakte (Kunstwerke, Maschinen) das Ergebnis von 'Handlungen' sind, und auch dann waltet, wie klar, noch ein Unterschied.

§ 204. Wenn ich den Grundcharakter der Entelechien weiter analysierte und die nur in Bildern ausdrückbaren Begriffe des 'Primärwissens' und 'Primärwollens' dabei aufstellte, so ist wohl zu beachten, daß sich diesen in gewisser Hinsicht ähnliche Begriffe auch schon bei den chemischen Konstanten durch tiefer gehende Analyse möchten gewinnen lassen. Das sei denen gesagt, die an jenen beiden Begriffen gar zu sehr Anstoß nehmen. Etwas auf eine andere Spezifität als die eigene von vornherein fest Bezügliches ist eine Grundeigentümlichkeit aller irgendwie 'intensiven' potentiellen Mannigfaltigkeit.

§ 205. Eine Analyse des Begriffes der 'lebenden Substanz' führte mich[1]) an der Hand der Tatsachen der Atmungs- und Assimilationslehre dazu, diesen Begriff und damit zugleich den Begriff der 'Assimilation' im wahren Wortsinne, als eines Sichangleichens[2]), als sachlich durchaus unbegründet und logisch unklar abzulehnen. Solches stimmte gut zu den aus Analyse der Formbildung gewonnenen Ergebnissen.

Das Wort 'lebende Substanz' war hier im Sinn einer problematischen 'chemischen Verbindung' gedacht worden; eine solche eben könne als sogenannter Ur-'Träger' des 'Lebens' nicht existieren, glaubte ich zeigen zu können.

Bei dem sehr viel allgemeineren Sinne, den das Wort 'Substanz' in dieser Schrift besitzt, wird natürlich das Problem ein anderes. Mit ihm würde die Frage nach dem 'Sitz' der Entelechie zusammenhängen. Doch kann alles dieses erst später erörtert werden.

Überhaupt wollen wir uns anschicken, diese vorwiegend rekapitulierenden Betrachtungen zu beschließen:

6. Aufgaben.

§ 206. Meine Autonomielehre ist, wie ich glaube, durchaus unbefangen, durchaus aus den Tatsachen selbst unter Anwendung einer erlaubten Denkschematik gewonnen. Aber sie ist auch nur etwas Vorläufiges. Zwar geht sie über den Rahmen bloß beschreibender

1) Org. Regul. B. V.

2) Assimilation und Dissimilation blieben nur als lokal und typisch geregelte und regulatorisch regelbare Einzelsynthesen und Einzelanalysen mit jedesmal typisch chemischem Resultat übrig; in diesem Sinne konnte 'Gleiches', d. h. schon Vorhandenes, entstehen, aber kein 'Stoff' machte etwas 'sich selbst gleich'.

Digitized by Google

Teleologie bewußtermaßen hinaus: das Teleologische, das Finale liegt ihr in der nicht weiter auflösbaren, elementaren Entelechie, in einer Konstanten. Da Konstante 'Bedingungen des Systems' im allgemeinen Sinne sind, habe ich hier von 'Conditio finalis' im Gegensatz zum alten unbestimmten Begriff der 'Causa finalis' geredet. Solches gilt natürlich nur im Sinn einer Kausalitätsauffassung, welche den 'letzten' Faktor eines Veränderungsfolgegetriebes 'Ursache' nennt (p. 44 u. 97); bei der tiefstgehenden Auffassung des Kausalen würde die Entelechie zur spezifitätsbestimmenden 'Ursache' werden, aber sie wäre darum doch etwas ganz anderes als die alte Causa finalis: von dem Kausalwert irgendeiner physikalischen oder chemischen Konstanten würde sie sich durchaus nicht unterscheiden.

Es verdient ganz besondere Beachtung, daß nach der Auffassung meiner Entelechielehre nicht etwa ein Vorgang von 'etwas Zukünftigem' 'kausal' abhängen soll. Solche Wendung kann höchstens in akausalem, deskriptiv-teleologischem Sinne gebraucht werden und drückt dann eine rein logische Beziehung zwischen Begriffsinhalten aus, ist aber, kausal gemeint, einfach sinnlos. Nach meiner Auffassung 'ist' im Sinn erweiterter Wirklichkeit nicht 'das Zukünftige', aber etwas auf Zukünftiges Bezügliches ein Kennzeichen des intensivmannigfaltigen, konstanten, vital-determinierenden Naturfaktors. Kausalabhängigkeit besteht also nur von 'Gegenwärtigem', das allerdings implizite eine Zukunftsbeziehung enthält.

In allem, was sie vorbringt, redet meine Autonomielehre doch immer nur von Möglichkeiten, von Vorbedingungen des Geschehens, weniger von diesem selbst.

Die Formulierung der Differenzierung harmonisch-äquipotentieller Systeme geht allerdings etwas weiter: sie gibt gewisse wohl gekennzeichnete Faktoren des Gesamtbedingungsgetriebes an, von denen das Geschehen an einer beliebigen Örtlichkeit abhängt.

§ 207. Sollte man aber hier nicht noch weiter gehen können? Sollte es nicht mindestens möglich sein, das Geschehen an einem bestimmten Orte noch näher zu charakterisieren, und zwar so zu kennzeichnen, daß es zum allgemeinen Geschehen im Naturganzen, also auch zu den aus den bisher bestanalysierten Geschehensarten, den anorganischen, gewonnenen allgemeinsten Begriffen in deutliche zustimmende oder ablehnende Beziehung tritt?

Dann wohl erst könnte man sagen, daß das Geschehen selbst hinreichend analysiert und gekennzeichnet sei.

Digitized by Google

Solchen Versuch wollen wir jetzt wagen, auf ihn zielte diese ganze Arbeit hin.

Was in den anorganischen Wissenschaften an aprioristischem Inhalt ist, das muß natürlich für alles Geschehen gelten. An solchem Inhalt gibt es aber nicht eben viel, nämlich nur die allgemeinen Rahmen der ersten beiden Energiesätze. Aber schon die Spezifikation der beiden ersten Energiesätze und der gesamte dritte, der Zerstreuungssatz, sind empirisch. Ihnen 'könnte' also widersprochen werden. Vielleicht ist im Biologischen aber gar nicht einmal solches, sondern ist hier noch etwas ganz anderes der Fall.

§ 208. Unser Problem ist also allgemein durch die Fragen gekennzeichnet:

Über welche Mannigfaltigkeiten läßt der aprioristische Inhalt der anorganischen Disziplinen noch Freiheit? Wie wird im Biologischen über diese Freiheiten durch die Entelechien entschieden?

Ehe wir uns aber einem Lösungsversuch dieser Probleme zuwenden, bemerken wir eines:

Alles Geschehen im Biologischen stellt sich im einzelnen dar als Änderung des chemischen oder aggregativen Charakters von 'Stoffen'. Nach welchen Gesetzen im lebenden Körper solche Änderung letzthin geschieht, das eben wollen wir wissen. Wenn wir nun Lebensgeschehen mit leblosem Geschehen vergleichen wollen, ist es angesichts dieser Sachlage wohl am Platze, daß wir zuerst die anorganische Gesetzlichkeit chemischer und aggregativer Wandlung eingehender studieren.

So soll denn zunächst ein Kapitel der anorganischen 'Energetik' des Chemischen und Aggregativen insonderheit gewidmet sein.

Digitized by Google

E. Analyse der Sondergesetzlichkeit des Chemisch-Aggregativen.

1. Das Anwendungsbereich des Energiebegriffs.

§ 209. Betrachten wir einen 'chemischen Stoff', der kein 'Element' zu sein braucht, für sich, und fragen wir uns, was für 'Potenzen', um uns der indifferenten Redeweise unserer Naturschematik zu bedienen, wir ihm, der doch nicht aktuell wirkt, hinsichtlich seines möglichen 'chemischen' Verhaltens im Naturganzen zuschreiben müssen, so erkennen wir zunächst, daß das Wort 'Energie' in bezug auf ihn nicht einmal jene im Sinn erweiterter Wirklichkeit genommene Bedeutung haben kann, die ihm in bezug auf die potentielle 'Distanz'-energie zukam. Auch hier, wie im Potentiellen überhaupt, war 'Energie' nur ein Wort für ein Maß, nämlich für ein mögliches Kausalquantum, es bezog sich aber wenigstens auf deutlich angebbare Raumörter, beziehungsweise Strahlen, an denen 'etwas' im Sinn eines Wirkung ausüben Könnenden sich 'befand'; um die Erde herum 'ist' in der Tat im Sinn erweiterter Wirklichkeit etwas und um eine geladene Leidener Flasche herum auch.

Wir können nicht sagen, daß um den einen chemischen Stoff herum etwas 'sei', für das es ein Maß gäbe; das Potentielle jenes Stoffes in Hinsicht des künftigen Chemischen ist vielmehr durchaus an ihm als sein 'Vermögen'. Solches würde nun zwar noch nicht hindern, das Wort potentielle Energie in wenigstens ähnlicher Bedeutung wie im Physikalischen auf einen chemischen Körper anzuwenden; daß es durchaus keine Bedeutung haben kann, in bezug auf einen chemischen Körper von seiner 'chemischen Energie' zu reden, liegt nun aber, wie sich sogleich, nämlich bei der Betrachtung zweier chemischer Stoffe, zeigen wird, daran, daß es sich eigentlich bei jeder spezifischen 'chemischen Gleichung' um eine andere Energie-'Art' handelt, wenn man hier überhaupt den Energiebegriff heranziehen will.

Digitized by Google

Wollen wir jenes 'Vermögen' eines chemischen Stoffes kennzeichnen, so erkennen wir in der Tat leicht seine spezifische Relativnatur: es bezieht sich quantitativ und qualitativ auf spezifische andere 'Stoffe', und ebenso spezifisch, und zwar nicht voraussagbar, ist der Effekt, welcher mit jenem andern spezifischen Stoffe zusammen erzielt wird.

§ 210. Deutlicher greifbar werden unsere Aussagen, sobald wir ausdrücklich zwei spezifische Stoffe in den Kreis der Betrachtung ziehen:

Die erste Erkenntnis ist, daß diese Stoffe *A* und *B* entweder aufeinander chemisch wirken können, oder daß sie es nicht können. Dazu gesellt sich sogleich die Einsicht, daß sie, im ersteren Fall, nur in bestimmten 'Zustandsarten' zu wirken vermögen. Zwar gilt der alte Satz 'Corpora non agunt nisi fluida' nur, wenn unter 'flüssig' auch der gasförmige und der gelöste Zustand verstanden wird, und auch dann gilt er nur als 'Regel', denn in seltenen Fällen sind chemische Einwirkungen fester Körper aufeinander bekannt geworden, aber praktisch sagt er eben doch eine wesentliche Vorbedingung chemischer Phänomene in bequemer Fassung aus.

Können *A* und *B* aufeinander wirken, sind sie also durch eine chemische Gleichung verknüpfbar, so sagt man, daß sie 'Affinität' zueinander besitzen. Die Gleichung sagt eben die qualitative Spezifität dieser Affinität aus. In bezug auf jeden einzelnen der beiden Stoffe stellt sich diese Affinität jeweils als ein Teil der qualitativen Seite seines unbestimmten 'Vermögens' dar. Es kann nun noch nach der Spezifität des (ein- oder mehrfachen) Resultates und es kann nach der Quantität der Wirkung, beziehungsweise des Umsatzes, gefragt werden. Alles, was zur Beantwortung dieser Fragen ausgesagt werden kann, stellt naturgemäß im Sinne der Naturschematik, zusammen mit jener allgemeinen, in der 'Gleichung' zusammengefaßten Aussage, Konstante der chemischen Körper dar, und zwar Konstante, die sich, eben wegen ihrer spezifischen Relationsbeziehungen, begrifflich von den einfach quantitativen Konstanten der Physik, aber auch von den Umwandlungskonstanten dieser Wissenschaft, wesentlich unterscheiden.

Die chemischen Konstanten nämlich sind schon in erheblichem Maß intensiv-mannigfaltig: was als natürlich-elementar in ihnen beschlossen gedacht wird, ist nur diskursiv zu denken, eben weil es sich um spezifische Relationen mit spezifischen Effekten handelt.

Digitized by Google

§ 211. An die Betrachtung des quantitativen Teils der chemischen Konstante, oder, wegen der Relativnatur dieser Konstanten, besser gesagt: an das Quantitative bei chemischen Vorgängen überhaupt, hat nun die 'chemische Energetik' angeknüpft. Daß sie damit das eigentlich Unterscheidende des Chemischen von vornherein von der Betrachtung ausschloß, ist klar, und es kann selbst den vortrefflichsten Darstellungen 'physikalischer Chemie' der Vorwurf wohl nicht ganz erspart bleiben, daß sie nicht immer ganz deutlich hervortreten lassen, einen wie kleinen Teil des Ganzen sie eigentlich in ausgiebigerer Form behandeln.

Es erhellt aus dem Gesagten, daß der Begriff Energie im Chemischen überhaupt erst einen Sinn hat, wenn zwei spezifische Körper gegeben sind, und daß die chemische Energetik ihr eigentliches Geschäft, ein Geschäft des Messens, erst anfängt, wenn die wichtige Vorfrage, daß und wie überhaupt Umsatz statthat, bereits erledigt ist. Es ist sehr wesentlich, das immer im Gedächtnis zu behalten und sich zumal immer zu erinnern, daß es kein einziges Kennzeichen gibt, an dem man etwa einem Stoff ansehen könnte, ob, in welcher Stärke und in welcher Richtung Geschehen von ihm aus möglich sei. Die 'Gleichung', zu der zwei Stoffe gehören, muß erst einmal empirisch gewonnen sein; dann sind allerdings 'Analogien' möglich, aber weiter nichts.

Da wir hier kein sachliches Lehrbuch schreiben und das 'Systematische' durchaus beiseite lassen, ist es uns offenbar erlaubt, alles, was überhaupt in der Gleichung zum Ausdruck gelangt, also die Sätze von den konstanten und multipeln Proportionen und von der Valenz als dem Leser geläufig voraussetzen. Sie alle haben ihren Anteil an der Charakteristik der Affinitätskonstanten.

2. Die Anwendung des ersten Energiesatzes.

§ 212. Die 'Energetik' ist also auch im Chemischen rasch daran gegangen, ihre Begriffe einzuführen und ihre 'Hauptsätze' anzuwenden. So berechtigt uns, die wir die denknotwendige Natur des Schemas dieser Sätze erkennen, solches Vorgehen erscheint, so seltsam erscheint uns dagegen das Vorgehen mancher Forscher gerade im chemischen Gebiet, welche jene Sätze für durchaus empirisch zu halten behaupten und doch ihre strikte Gültigkeit auf durchaus neuem Gebiete fordern; das zeigt wohl, daß jene Forscher im Grunde doch

Digitized by Google

unsere Ansicht teilen. Gerade im Chemischen wäre man nur durch Empirie ganz sicherlich nie auf das energetische Schema geführt worden.

Wir wollen hier nun von chemischer Energetik eingehender nur behandeln, was unsern Zwecken dient, um so mehr, als in unsern allgemeineren Betrachtungen Chemisches ja auch schon kurze Erwähnung fand.

§ 213. Daß der erste Hauptsatz der Energetik in irgendeiner Form gelten muß, ist klar: auch wo chemisches Geschehen an den Änderungen eines durchaus geschlossenen Systems teilnimmt, muß dessen Gesamtenergie konstant bleiben. Praktisch gibt es durchaus geschlossene Systeme nicht, und praktisch mißt die positive oder negative 'Wärmetönung' die Änderung der Gesamtenergie von Systemen, an deren Änderungen Chemisches beteiligt ist. Sie mißt letzteres nicht in intimer Strenge, sondern kollektivistisch, d. h. die Wärmetönung mißt nicht die Änderung des im eigentlichen Sinne 'chemischen', d. h. affinitiven Energiequantums allein. Eine kurze Überlegung lehrt nämlich, daß die Wärmetönung einer Reaktion auch wohl aus Änderungen aggregativer und polymorpher Art ('Volumenergie' und Verwandtes) herrühren könne, solche Änderungen müssen aber von einer auf das Letzte gehenden Naturforschung von 'rein chemischen' geschieden werden.

§ 214. Es ist wohl nicht überflüssig, gerade hier besonders zu bemerken, daß die Frage nach der Wahrung der Gesamtenergiemenge, daß also der erste Hauptsatz, hier wie überall, mit der Frage nach dem Sinn, nach der Richtung des Geschehens, ja mit eigentlich bedeutsamer 'Kausalität' noch gar nichts zu tun hat. Man hat einen bekannten, bald von uns zu erörternden Satz von Berthelot neuerdings oft für empirisch falsch erklärt: Wärmetönung sollte nach ihm über den Sinn chemischen Geschehens entscheiden. Abgesehen davon, daß dieser Satz gar nicht einmal immer falsch ist (Zusatz 32), erscheint mir logisch viel wichtiger die Aufgabe, daß man das Areal des ersten und des zweiten Energiesatzes immer ganz scharf gesondert halte und sich bewußt bleibe: wo man vom ersten Energiesatz redet, da redet man überhaupt gar nicht vom 'Sinn' von Vorgängen. Mag also Berthelots Satz richtig oder falsch sein, jedenfalls gilt auf Basis des Energiesatzes I, daß durch Wärmeabgabe oder Wärmeaufnahme das Energiequantum eines geschlossenen Systems geändert wird, und daß das Quantum der betreffenden Wärmemenge mißt, was da drinnen an Änderung vorgeht, ganz gleichgültig, ob die

Digitized by Google

Änderung Wärme entwickelt oder die Wärme Änderung hervorgerufen hat.

Man sieht aus dem Gesagten, wie inhaltsleer in einem an Qualitäten reichen Wissensgebiet alles mit Hilfe des ersten Energiesatzes Gewonnene sein muß. Das Faktum, daß organische isomere Verbindungen, die doch sehr verschiedenartig sein können, oftmals nahezu gleiche Verbrennungswärmen haben, daß es Reaktionen ohne Wärmetönung gibt, ist eine weitere gute Illustration dafür.

§ 215. Was heißt es nun eigentlich, wenn z. B. gesagt wird, die Gleichung $Pb + 2\mathcal{J} = Pb\mathcal{J}^2 + 167$ Kilo Joule sage aus '206,9 g Blei und 253,8 g Jod enthalten ebensoviel Energie wie 460,7 g Jodblei plus 167 Kilo Joule'? [1])

Was 'enthält' hier, und was wird 'enthalten'?

Für einen für sich betrachteten Stoff sahen wir eingangs ein, daß es in jeder Beziehung ohne Bedeutung und Sinn sei, ihm chemische 'Energie' zuzuschreiben, da, ganz abgesehen davon, daß ein 'Wirken' hier gar nicht in Frage komme und eine potentiell-dynamische Raumzone ebensowenig, durch Beziehung auf einen andern Stoff die Begriffe 'chemische Energie' oder 'Potenz' oder 'Affinität' überhaupt erst einen Sinn erlangten. Wenn nun zwei Stoffe zusammenkommen, so ist wenigstens die spezifische Beziehung da, und sind beide in wirkungsfähigen Zuständen, so wird in der Tat 'gewirkt'. Man frage sich aber einmal ganz unbefangen, ob die 'chemische' 'Energie', von der man hier als von einem 'Enthaltenen' redet, nicht auch in diesem Falle nichts weiter sei, als ein reines Gedankending, ein reiner Maßbegriff, erdacht zuliebe oder auch unter Zwang des ersten Hauptsatzes. Soundsoviel ist gewirkt worden, das allein wird unter aprioristischer Nötigung ausgesagt, aber von einem 'Enthalten' von etwas kann gar keine Rede sein. 'Enthält' denn Pb die 'Energie' oder $2\mathcal{J}$? Oder beide zum Teil? Und was 'enthält' $Pb\mathcal{J}^2$ auf der andern Seite der Gleichung, wo es allein steht?

Die reine Maßbedeutung des Energiebegriffs überhaupt tritt wohl nirgends so klar hervor, wie gerade hier im Chemischen.

3. 'Faktoren' chemischer Energie.

§ 216. Diese Betrachtungen leiten nun zu einer entsprechenden Würdigung der 'Faktoren' chemischer 'Energie' passend über.

---

1) Ostwald, Grundriß, p. 254.

Digitized by Google

Wenn man die 'wirksame Menge', die 'Konzentration' des Stoffes, auf irgendeine Einheit bezogen, ihren 'Kapazitätsfaktor' nennt, und dabei wohlweislich nicht unterläßt zu bemerken, daß Spezifität der 'Menge' das Wesentlichste dabei und eine chemische Gleichung Vorbedingung für chemischen 'Energie'-Umsatz überhaupt sei[1]), so sagt man damit im Grunde nicht das mindeste mehr, als daß bei gegebenen chemischen Individuen ihre jeweilige Quantität von bestimmendem Einfluß auf die Quantität des Geschehens sei, und wenn man als 'Intensitätsfaktor' ein recht uneigentlich (s. o. p. 55) so benanntes 'chemisches Potential' (Gibbs) der Kapazität als Intensität an die Seite stellt, so betont man in qualitativer Hinsicht nur das Spezifische alles Chemischen zum zweitenmal und gibt in quantitativer Hinsicht nur einer Größe hinterher einen Namen, die man neben der Mengenquantität als bestimmend für die Geschehensquantität und, wie wir sehen werden, die Geschehensrichtung erkennt, ja, um es noch schärfer auszudrücken, die man für die Wahrung des vorausgesetzten ersten Energiesatzes und, wie bald erhellen wird, auch des wahren zweiten braucht. Im Chemischen ist also gerade der Intensitätsfaktor jene aus unbewußt aprioristischen Gründen entsprungene Notwendigkeitsschöpfung, die im Thermischen der Kapazitätsfaktor war (Zusatz 33).

§ 217. Daß die Eigenschaft, ein 'Potential' zu repräsentieren, von einem chemischen Stoff allein ausgesagt geradezu sinnlos ist, bedarf nach unsern Erörterungen über die 'chemische Energie' eines Stoffes keiner weiteren Erörterung. Mögen wir immerhin von 'Potential' kurzweg reden, vergessen dürfen wir die gewonnene logische Einsicht nicht.

Qualitativ bezieht sich das 'Potential' stets auf anderes Qualitative, und da dieses andere auch spezifisch quantitative Kennzeichen, von den Mengenverhältnissen abgesehen, besitzt, so ergibt sich, daß, eben wegen der Beziehung von Spezifischem auf Spezifisches, ein 'Potentialausgleich' im Chemischen nie stetig, sondern nur in diskreten Stufen möglich ist (Mach)[2]). Hier liegt, in energetischer Ausdrucksweise, der fundamentale, von uns oben berührte Unterschied des Chemischen vom Physikalischen. Mit ihm geht Hand in Hand die Tatsache, daß

1) Über den Begriff 'chemisch-äquivalent' vgl. Ostwald, Allg. Chem. II, p. 502. Seine Bedeutung ist durchaus uneigentlich, betrifft nur gewisse quantitative Verhältnisse und beeinträchtigt die strenge Spezifität der chemischen Gleichungen in keiner Weise.

2) Wärmelehre, p. 354 ff.

Digitized by Google

durch eine chemische Änderung alle oder nahezu alle physikalischen konstanten oder temporären Eigenschaften, und zwar in der Mehrzahl nicht voraussagbar[1]), geändert werden.

Daß chemische 'Potentialdifferenzen' natürlich nur dann fallend oder steigend in Beziehung zueinander treten können, wenn die chemische Gleichung es erlaubt, wenn, um mit Ostwald[2]) zu reden, 'Koppelung' von Reaktionen statthat, ist durch das eben Erörterte schon implizite ausgesagt.

Nach diesen logischen Vorbereitungen gehen wir nun an die Erörterung dessen, was sich aus dem sogenannten 'zweiten Hauptsatz' der Energetik, der sich aus unserem zweiten und dritten Satz zusammenstellt, für chemische Geschehnisse ergibt.

4. Das Massenwirkungsgesetz.

§ 218. Gewissermaßen eine überleitende Betrachtung zu solcher Erörterung bietet sich uns im Studium des Guldberg-Waageschen Massengesetzes dar.

Dieses Gesetz, der Satz nämlich, daß ceteris paribus die Konzentration, das Mengenverhältnis der beteiligten Stoffe von mitbestimmendem Einfluß auf die Quantität von chemischem Umsatz, also ceteris paribus auf seine Geschwindigkeit und auf sein Gleichgewicht ist, war, nach mehr einführenden Forschungen, die erste in gewisser Etappe abschließende Formulierung der Sachlage, soweit von Fragen der Temperatur und Verwandtem einstweilen abgesehen werden kann.

Ausdrücklich haben wir die Konzentration der beteiligten Stoffe trotz Absehens von der Temperatur und anderem nur als 'mitbestimmend' bezeichnet, nicht einfach als bestimmend. Die Konstante K[3]), welche in jeder das Massenwirkungsgesetz in Hinsicht auf Gleichgewicht oder Geschwindigkeit ausdrückenden Gleichung vorkommt, ist nämlich ein anderer mitbestimmender Faktor. Sie ist der Ausdruck für die quantitative Seite des 'chemischen Potentials'; obwohl mit Druck und Temperatur usw. veränderlich, ist sie doch für eine gegebene Stoffart in bezug auf eine andere ceteris paribus als eine Konstante zu betrachten.

---

1) Ostwalds additive, konstitutive und kolligative Eigenschaften.

2) Zeitschr. phys. Chem. 34, p. 248.

3) $K = \frac{k_1^{\rightarrow}}{k_2^{\leftarrow}}$, wo $k_1^{\rightarrow}$ und $k_2^{\leftarrow}$ die von allem möglichen abhängigen, aber doch dem Stoff spezifischen 'Geschwindigkeitskoeffizienten' nach jeder der beiden Richtungen der Gleichung sind.

Digitized by Google

§ 219. Man darf sich in der fundamentalen Bewertung dieser Größe nicht durch den Umstand irreführen lassen, daß sie bei Stoffen, welche gelöst teilweise dissoziiert sind, als Dissoziationskonstante, an der elektrischen Leitfähigkeit gemessen, zugleich das Maß der elektrolytischen Dissoziation ist. Darum hängt nicht etwa allgemein das 'Potential', also eine gewisse Seite der 'Affinität', von dem Dissoziationsgrad eines Stoffes ab. Beide, der Dissoziationsgrad und die 'Affinitätsgröße', sind vielmehr bei Elektrolyten als Parallelerscheinungen aufzufassen, die gleichermaßen von derselben Konstanten eines gegebenen 'Stoffes' abhängen. Nur bei dieser Auffassung bleibt man in logischer Harmonie mit der Tatsache, daß die Konstante K doch auch bei Stoffen auftritt, die keine elektrolytische Zersetzung erfahren: Bei Elektrolyten reagieren eben gar nicht eigentlich die gelösten 'Stoffe', sondern reagieren etwa bei allen Säuren die H- bei allen Basen die OH-'Ionen'; nur scheinbar hat man also letzthin bei verschiedenen reagierenden dissoziierten Stoffen wirklich 'stofflich Verschiedenes' als Reagierendes vor sich, soweit es sich wenigstens um große Klassen von Körpern, wie eben Säuren und Basen, handelt.

Wenn also anderseits K, selbst von der 'Konstitution' des betreffenden Stoffes abhängig, für eine bestimmte Säure oder Base in Hinsicht aller mit ihr möglichen Umsatzvorgänge den gleichen Wert hat (Ostwald), so bedeutet das auch nur, daß für eben diese Umsetzungen nur die freien H- oder OH-'Ionen' — um in der Redeweise der zwar logisch sehr ungeklärten, aber etwas Tatsächliches zum bildlichen Ausdruck bringenden Ionentheorie zu sprechen — als 'Stoffe' überhaupt in Betracht kommen.

5. Der Begriff der Umkehrbarkeit von Reaktionen.

§ 220. Für eine vertiefte analytische Betrachtung des Massengesetzes als eines Ganzen ist der Begriff der Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen von höchster Wichtigkeit.

Was heißt es, energetisch gesprochen, wenn die Reaktion $m_1 A_1 + m_2 A_2 = m_1' A_1' + m_2' A_2'$, wo die m eine beliebige Anzahl von 'Molen', die A bestimmte Stoffarten bezeichnen sollen, sowohl von inks nach rechts, wie auch von rechts nach links verlaufen kann, und daß sie in keinem Sinne ganz verläuft? Die Bildung von Ester und Wasser aus Alkohol und Essigsäure, sowie der diesem entgegengesetzte Prozeß sind das klassische Beispiel für das hier zur Erörterung Vorgeführte.

Digitized by Google

Man sieht hier zunächst besonders deutlich wieder die Dunkelheiten, welche der Anwendung des chemischen Energiebegriffs überhaupt anhaften; aber nicht nur ihm, sondern auch dem Begriff der Intensität haften hier Schwierigkeiten besonderer Art an: Welche Stoffe 'enthalten' hier die chemische Energie, und in welcher Hinsicht geht hier chemische Energie 'über'? Es ist zunächst klar, daß die etwa von links nach rechts gelesene Gleichung nicht ganz wörtlich aufzufassen ist, denn es stellt nicht etwa die linke Seite ein Anfangs-, die rechte ein Endstadium dar. Das 'Ende' ist vielmehr von der Form $\mu_1 A_1 + \mu_2 A_2 + \mu_1' A_1' + \mu_2' A_2'$, denn es ist ein Gemisch von vier 'Stoffen', für deren jeden sich ceteris paribus das μ berechnen ließe.

Ferner ist klar, daß nicht etwa in ganz einfacher Weise beim Zusammenwirken von $m_1 A_1 + m_2 A_2$ eben wegen des Beieinanderseins von A_1 und A_2 ein Potentialausgleich stattfindet, daß also auch nicht die A_1' und A_2' etwa ausgeglichene Potentiale darstellen. Dann könnte doch die Gleichung nicht auch von rechts nach links verlaufen.

Es liegt die Sachlage vielmehr so, daß die Beteiligungen der 'Mengen' und der 'Potentiale' einander hier derart durchdringen, daß sie praktisch nicht getrennt werden können. Sowohl A_1 und A_2 wie A_1' und A_2' können je in bezug aufeinander 'Potentialunterschiede' darstellen und also Geschehen veranlassen. Anders gesprochen: in Hinsicht des Qualitativen sind 'Affinitäten' aller beteiligten Stoffe aufeinander vorhanden. Quantitativ reguliert sich alles Geschehen nach den Mengen und nach etwa verschiedenen Stärken der Affinitäten. Was als Gleichgewichtsresultat beobachtet wird, ist stets die Resultante aus allen verschieden starken Potentialen jedes der beteiligten Stoffe in bezug auf jeden andern, und falls nicht äquivalente Mengen in Betracht gezogen wurden, wird durch den bestimmenden Einfluß der aktiven Massen alles zu einer noch höheren Resultante kompliziert.

Durchaus relativ ist also stets das 'chemische Potential'; schon bei der einfachen Gleichung $2 H_2 + O_2 = 2 H_2 O$ ist das praktisch schwer realisierbare Gleichgewicht eine resultierende Folge der in Hinsicht auf sich selbst und auf das andere verschieden starken, aber in beidem Sinne vorhandenen Affinitäten des O und H.

§ 221. Es muß nun die Frage nach der Umkehrbarkeit der Reaktionen logisch näher geprüft werden; das Problem des 'Zuendegehens' der Reaktionen hängt zusammen damit.

Ist wirklich jede chemische Gleichung stets von links nach rechts

Digitized by Google

und von rechts nach links zu lesen, und ist wirklich das wahre Endresultat immer $\mu_1 A_1 + \mu_2 A_2 + \mu_1' A_1' + \mu_2' A_2'$, falls nicht eine 'Phase' ausscheidet?

Was die Umkehrbarkeit allein angeht, so liegt es ohne weiteres in der Relativnatur der chemischen 'Potentiale' begründet, daß die Umkehrbarkeit jeder Reaktion unter gewissen, freilich im allgemeinen nicht näher bestimmbaren Bedingungen in der Tat als denkbar bezeichnet werden muß. Praktische Ausführung ist hier freilich etwas anderes als Denkbarkeit, was ohne weiteres klar ist, wenn man sich vergegenwärtigt, wieviel energetische Nebenerscheinungen, die eventuell die Umkehrbarkeitsbedingungen stören können, durch die Reaktion selbst geschaffen werden können[1]).

Auch das 'Nichtzuendegehen' der Reaktionen aber erscheint aus gleichen Gründen, nämlich wegen der relativen Natur alles Chemischen überhaupt, als logisch durchsichtig.

Sehr viele Reaktionen verlaufen praktisch allerdings durchaus bis 'zu Ende', auch wenn der eine Bestandteil nicht als gasförmig entweicht und sich nicht als fest aus einer Lösung ausscheidet. Es wird in solchen Fällen gesagt, daß die doch immer noch vorhandenen Ursprungsprodukte quantitativ jenseits der Grenze praktischer Nachweisbarkeit lägen.

Äußere Faktoren ('Parameter'), wie z. B. Druck und in besonders bedeutsamer Weise die Temperatur, sind bekanntlich imstande, das Gleichgewicht zu 'verschieben', aber nur, wie aus der bald zu erörternden Anwendung des zweiten Hauptsatzes auf Chemisches folgt, falls Reaktionen mit Wärmetönung vorliegen[2]), und nie über eine gewisse Grenze hinaus, die freilich dem einen 'Ende' des Ganzen in manchen Fällen stark genähert sein kann.

Auf Grund des reinen, die Temperatur nicht berücksichtigenden Massengesetzes kann natürlich enorme Steigerung einer wirksamen 'Masse' die Reaktion beinahe 'zu Ende' gehen lassen, aber theoretisch bleibt ein 'beinahe' hier eben doch stets bestehen, und in gewissen bestimmt präzisierbaren Fällen ist die Grenze, über die hinaus die Reaktion in einem Sinne selbst bei höchster einseitiger Konzentrationssteigerung nicht verläuft, durchaus endlich[3]).

Was im Einzelfalle geschieht, hängt natürlich immer in letzter

1) Näheres über gewisse Fälle folgt später, s. p. 158.

2) Gerade bei dem Paradebeispiel: Alkohol, Essigsäure, Ester, Wasser ist das nicht der Fall.

3) z. B. Nernst, Theoret. Chemie, 4. Aufl., p. 449.

Digitized by Google

Instanz von dem Verhältnis des konstanten Anteils der in tiefstem Sinne reaktionsbestimmenden, recht eigentlich affinitiven Größen, also von dem absolut konstanten (nur gedanklich isolierbaren) Bestandteil der Grössen K ab.

Wem die Behauptung des steten Nichtzuendegehens der Reaktionen sophistisch erscheint, der mag sie abweisen, wie man viele durch den Infinitesimalkalkul gezeitigte Sophismen[1]) ja abweisen kann, und wie wir selbst den sich mathematisch ergebenden Satz, daß jeder Potentialausgleich, also auch die Erreichung chemischen Gleichgewichts, erst nach unendlicher Zeit eintreten könne, früher in anderem Zusammenhang abweisend beurteilt haben (p. 107).

Das eigentlich Beobachtbare im Chemischen wird durch alle diese Erwägungen natürlich überhaupt wenig berührt.

§ 222. Wenn es endliche letzte Einheiten im Chemischen gibt, wie die Molekulartheoretiker annehmen und wie gewisse Tatsachen (allerdings physikalischer Art) ja in gewissem Sinne zu lehren scheinen, so wäre übrigens zu erwägen, ob bei enormer Steigerung einer Konzentration oder in andern Fällen der Temperatur nicht doch von einem auch theoretischen 'Zuendegehen' einer Reaktion die Rede sein könnte: im Gleichgewicht wären alle 'Moleküle' hier kraft des einen Potentialzwanges gebunden, und der konkurrierende andere möchte sich vielleicht nur als gewisse, unnachweisbare 'Spannung' im 'Molekül' äußern.

§ 223. Ganz vorwiegend erörterten wir vorstehend weniger das chemische Geschehen als das chemische Gleichgewicht, das ja freilich gern 'dynamisch' gedacht wird[2]), und was wir als nächstes studieren werden, soll sich auch wieder in erster Linie auf Gleichgewichte beziehen, wobei aber das Aggregative dem Chemischen gegenüber in den Vordergrund tritt. Auch darin werden die folgenden Darlegungen den soeben gepflogenen ähneln, daß sie zum zweiten Energiesatz gleichsam erst überleiten, indem sie, als noch nicht dem Gebiet eigentlich bewirkender Kausalität, sondern mehr dem des funktionalen Abhängens angehörend, logisch noch allgemeiner sind als jenes Satzes 'denknotwendiger' Rahmen.

---

1) Das Gegenstück zum Niezuendegehen von Umsätzen, nämlich das 'Nieanfangen' derselben — indem nämlich ein wenn auch nur ungeheuer kleiner Teil der Produkte schon vor dem Umsatze vorhanden sei — mag hier ohne weitere Erörterung nur genannt sein. Man vergleiche hierzu den § 222.

2) Vgl. Nernst, Theoret. Chemie, 4. Aufl., p. 574 und sonst.

Digitized by Google

6. Die 'Phasenregel'.

§ 224. In seiner allgemeinsten Fassung macht die 'Phasenregel' von Gibbs eine Aussage über die für das Zustandsgleichgewicht eines 'heterogenen' Systems notwendigen Bedingungen; sie bezieht sich auf eigentlich Chemisches nur in ihren Voraussetzungen.

Wird als 'Phase' (P) jedes in sich physikalisch gleichartige Abteil eines Systems bezeichnet, heißt 'Bestandteil' (B) oder Komponente jede zum chemischen Aufbau des Ganzen notwendige und hinreichende Stoffqualität (Zusatz 34) jeweils mit Rücksicht auf ihre Konzentration, so ist die Zahl der 'Freiheiten' (F), d. h. der, ohne das Gleichgewicht zu stören, willkürlich noch variierbaren ('unabhängig veränderlichen') Bedingungen: $F = B + 2 - P$, falls von andern Bedingungen, als Konzentrationen, Druck und Temperatur, abgesehen wird.

Wenn also die Zahl der 'Bestandteile', um 2 vermehrt, gleich der Zahl der 'Phasen' ist, so gibt es keine 'Freiheit', d. h. keine mit der Existenz des Systems vereinbare Variierbarkeit irgendeines bestimmenden Faktors, mehr. In solchem Fall redet man bei anderer Betrachtungsweise von singulären oder Übergangspunkten; jede Änderung eines 'Parameters' bringt hier eine Phase zum Verschwinden. Ist $P = B + 1$, so gibt es eine Freiheit; hier entspricht z. B. innerhalb endlicher Grenzen (wegen der 'kritischen' Erscheinungen) jedem Druck eine Temperatur; bei jeder reziproken Variation dieser Parameter bewahrt jede Phase ihre Zusammensetzung und ändert nur ihre für die Gleichgewichtsfrage hier unwesentliche Gewichtsmenge ('vollständiges Gleichgewicht'). Phasen mit wechselnder Zusammensetzung erhält man bei ganz beliebiger Parametervariation ('unvollständiges Gleichgewicht'); ihre Zusammensetzung regelt das Massenwirkungsgesetz.

§ 225. Wie schon früher (p. 48) angedeutet, gehört das Phasengesetz durchaus der 'reinen Naturwissenschaft' an[1]): es resultiert aus einem System von 'Denknotwendigkeiten'.

Die Zahl 2 kommt hinein, da nur auf zwei äußere Bedingungen, auf Druck und Temperatur, Rücksicht genommen ist. Es sind also zwei äußere und B 'innere' variierbar gedachte Faktoren vorhanden, und es wird ausgesagt, daß die höchste mögliche Zahl aller koexistierenden, in sich einheitlichen Teilsonderheiten des Systems der Zahl

1) Die einmal eingebürgerten Worte Phasen-'Regel' oder Phasen-'Gesetz' sind daher in Strenge zu beanstanden.

Digitized by Google

der variierten Elemente gleich ist, daß aber, wenn eine oder mehr Teilsonderheiten weniger vorhanden sind, auch noch ein oder mehrere Elemente frei variierbar bleiben.

Will man den Satz aus der Thermodynamik ableiten, so benutzt man diese doch eben nur, insofern auch sie den hier gegebenen rein logischen Kern implizite besitzt. Die Phasenregel als solche ist noch weiter, als der zweite Hauptsatz.

Ausdrücklich sei hier auf den ganz anders als von uns geführten Beweis der Phasenregel bei Nernst[1]) hingewiesen; auch Nernst operiert, obwohl das nicht ausdrücklich betont ist, nur mit Denknotwendigkeiten und liefert so ein schönes Zeugnis für die aprioristische Natur des von ihm übrigens etwas abweichend formulierten Gesetzes; ja er scheint der Einsicht in die Notwendigkeit der 'Regel' selbst einigermaßen zuzuneigen[2]).

Man denke ferner die mathematisch sehr strenge Ableitung der Phasenregel, welche Planck in seiner Thermodynamik (p. 163—173) geliefert hat, Schritt für Schritt logisch durch: auch er geht durchaus im Wege reinen Denkens über das der Voraussetzung nach Gegebene vor; bezüglich der eine große Rolle spielenden Funktion Φ kommt nur in Betracht, daß sie eine 'homogene Funktion' ist, im übrigen ist ihre analytische Natur für alles, was abgeleitet wird, gleichgültig. 'Ein System von α Bestandteilen kann höchstens $\alpha + 2$ Phasen haben', das ergibt sich als Schluß der langen und strengen Gedankenkette, deren logischer Charakter durch das mathematische, kompliziert aussehende, in Wahrheit aber sehr einfache Gewand, leider recht verdeckt wird.

§ 226. Um aus den Gleichgewichtssätzen der Massen- und der Phasenregel, welche zusammen alles Chemisch-Aggregative decken, Geschehenssätze zu machen, hat man sich die bestimmenden Faktoren bestehenden Gleichgewichts beliebig variiert zu denken und zu fragen, was dann geschieht.

Ein weniges besagt hier ja die kinetische Form des Massensatzes schon, doch führt diese Aussage über die Einsicht in die ceteris paribus notwendigen Gleichgewichtsbedingungen logisch nicht hinaus.

---

1) Theoret. Chemie, 1. Aufl., p. 482, IV. Aufl., p. 599 ff.

2) loc. cit. IV. Aufl. p. 616 wird von einem 'Schema' geredet, dem sich alle vollständigen heterogenen Gleichgewichte 'unterordnen müssen'. — Man vergleiche auch die Bemerkung von Wald, daß die Chemie das 'so ungeheuer einfache' Phasengesetz von jeher in irgendeiner Form angewendet habe (Zeitschr. phys. Chem. 18, p. 346, vgl. auch Annal. Naturphil. 3, p. 283).

Digitized by Google

7. Die übliche chemische Thermodynamik.

§ 227. Mit unserer neuen Frage sind wir nun endlich im eigentlichen Gebiet des 'zweiten Hauptsatzes' üblicher Energetik angelangt und müssen uns, Chemisches und Aggregatives gemeinsam behandelnd, zunächst einer kurzen historischen Betrachtung zuwenden.

Berthelots Satz, daß in einem sich überlassenen chemischen System allemal das geschehe, was die größte Wärmemenge frei mache, ist in seiner Allgemeinheit aufgegeben worden und gilt nur noch als oft gültige Annäherungsregel. Denn war schon, wie oben erörtert (p. 130), ein Wärmemaß für die Änderung der Gesamtenergie chemischer Art deshalb nicht in äußerster Strenge zulässig, weil solche Energie nicht sachlich isolierbar war, so ist eine maßgebende Beziehung der 'Wärmetönung' zur Richtung stofflicher Vorgänge, abgesehen davon, daß der Vorwurf eines Nichtisolierens der vielen einzelnen in Betracht kommenden Energiearten sie natürlich auch träfe, darum durchaus abzulehnen, weil es 'von selbst' verlaufende chemisch-aggregative Vorgänge gibt, welche Wärme absorbieren, und weil Vorgänge, die zum chemischen Gleichgewicht führen, bekanntlich im einen wie im umgekehrten Sinne, das eine Mal exo-, das andere Mal endotherm, 'von selbst' verlaufen können. Auch ergibt sich das Irrtümliche des Satzes ohne weiteres aus thermodynamischen Überlegungen: wäre er richtig, so dürfte die Wärmetönung nicht von der Temperatur abhängig sein, was aber der Fall ist.

§ 228. Nach Helmholtz nimmt bei jedem isotherm 'von selbst' verlaufenden Geschehen die 'freie', d. h. die als 'äußere Arbeit' gewinnbare Energie ab. Es sagt dieser von der Abnahme eines Energiesummanden[1]) redende Satz nicht etwa dasselbe aus, was der 'zweite Hauptsatz' über Chemisches etwa aussagen könnte, denn dieser würde ja eventuell von der Abnahme eines Energiefaktors reden. Eine kurze Überlegung ergibt nun den logisch gar zu unbestimmten, weil kollektivistischen Charakter des Helmholtzschen Satzes: 'freie Energie' ist eben eine Konzeption, die man einen 'Kollektiv'- oder einen 'Ramschbegriff' nennen muß[2]), und zwar des-

1) Gesamtenergie = freie E + gebundene E. — Natürlich sind die einzelnen wirksamen Beträge an dem Summanden 'freie Energie' ihrerseits Faktoren von Energie, nämlich für jede Einzelenergieart, welche überhaupt für die Zerlegung E = F + G in Betracht kommt, jeweils die unkompensierten Intensitäten. Praktisch ist diese Zerlegung unmöglich.

2) Gleiches gilt natürlich für die in manchen chemo-energetischen Darstellungen

Digitized by Google

OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

wegen, weil sie ja die gemeinsame Folge einer unbestimmten Zahl verschiedener maßgebender Umstände untersucht und mißt. Wenn die gesamte 'freie Energie' eines Systems durch das Maximum möglicher 'äußerer Arbeit' gemessen wird, so ist doch klar, daß diese 'Arbeit' sich als Wirkung aus den allerverschiedenartigsten Änderungen von Energiearten zusammensetzen kann: Chemisches, Aggregatives, 'Molekulares', 'Molares', 'Atomistisches' tritt hier, womöglich noch mit Oberflächenwirkungen gepaart, zusammen, um als Resultante einen quantitativen Arbeitseffekt zu ergeben, der natürlich, mag er auch an der elektromotorischen Kraft umkehrbarer galvanischer Ketten meßbar sein, nichts weniger als ein 'Maß der Affinität' ist. Ja, es wäre durchaus denkbar, daß ein chemischer Potentialfall strengen Sinnes gar keine 'äußere Arbeit' zeitigte, da er etwa in nicht isolier- oder meßbare Potentialerhebungen irgenwelcher 'molekularen' Art aufginge. Im übrigen ist natürlich unsere Analyse des Begriffs 'Arbeitsleistung' überhaupt hier zu vergleichen (s. o. p. 90), wobei der Begriff der 'virtuellen Arbeit' uns wieder in Erinnerung tritt und uns Helmholtz' Satz in dem Sinn erscheinen läßt, daß alle chemisch-aggregativen Prozesse, welche nicht selbst die Folge von Potentialstürzen anderer Art sind, welche also 'von selbst' verlaufen, sich so abspielen, daß sie bei entsprechender Versuchsanordnung 'Arbeit' im wahren Sinne des Wortes leisten könnten. Doch kommen wir auf diese analytischen Ergebnisse alsbald noch zurück.

Die große Bedeutung des Begriffs der 'freien Energie' für die praktische chemisch-physikalische Forschung soll hier durchaus nicht geleugnet werden; Nernsts Lehrbuch zeigt z. B. seine umfassende Verwendbarkeit.

Wir aber mit unsern vorwiegend logischen Zwecken können nicht viel mit diesem und ähnlichen kollektivistischen Begriffen anfangen.

§ 229. Ein von Le Chatelier[1]) aufgestellter, von Ostwald gern benutzter Satz ist wie der Helmholtzsche besonders geeignet für praktische Verwendung: 'Tout système en équilibre chimique éprouve, du fait de la variation d'un seul des facteurs de l'équilibre, une transformation dans un sens tel que, si elle se produisait seul, elle amènerait une variation de signe contraire du facteur considéré.' Durch Variation eines Faktors eingeleitete ('zwangsmäßige') Prozesse 'widersetzen sich' also dem 'Zwang' (Ostwald); es existiert eine

eine Rolle spielende 'Entropie'; sie ist eine charakteristische Kollektivfunktion für Isothermes.

1) Ann. des Mines 8 sér. 13. 1888, p. 200.

Digitized by Google

'opposition de la réaction à l'action': Wärmezufuhr bewirkt also Geschehnisse mit Wärmeabsorption, Druckzunahme solche mit Volumabnahme usw.

Das Massengesetz erscheint als Spezialfall dieses Gesetzes[1]), welches Chemisches und Aggregatives vereint und im Grunde mehr eine Aussage über gewisse kennzeichnende Beziehungen stofflicher Änderungen als über diese selbst ist.

Wie Le Chateliers Satz aus den Formulierungen des üblichen 'zweiten Hauptsatzes' mathematisch folgt, mag in den allgemeinen thermodynamischen Darstellungen nachgelesen werden. Der Satz bezieht sich ausdrücklich auf reversible, von Gleichgewichten ausgehende Prozesse, ist also ein Idealsatz, ein Ausdruck des wahren zweiten Hauptsatzes, der seitens des dritten einer Korrektur für die Tatsächlichkeit bedarf; er gilt nicht, wenn 'Auslösungen' im Gefolge der Variation des maßgebenden Faktors statthaben, wenn also das Gleichgewicht 'metastabil' (Ostwald[2]); 'équilibre instabile' — Le Chatelier) war.

Für eine wirklich aufs Letzte gehende Erfassung chemisch-aggregativen Geschehens genügt Le Chateliers Satz natürlich auch nicht; kollektivistisch ist auch er. Wir müssen für unsere Zwecke, um energetisch zu reden, recht eigentlich die Faktoren der einzelnen in Betracht kommenden Energieformen ins Auge fassen, und so wollen wir denn nach diesen Vorbereitungen versuchen, chemisch-aggregatives Geschehen nach Art unserer ganz allgemeinen Energieschematik zu kennzeichnen; in sehr ausgearbeiteter rechnerischer Form ist solches vornehmlich von Gibbs versucht worden; uns liegt nur an dem logischen Kern solchen Unternehmens.

8. Analytische Energieschematik des chemisch-aggregativen Geschehens.

a. Das allgemeinste Schema des wahren zweiten Hauptsatzes.

§ 230. Denken wir uns ein Gefäß, das räumlich durchaus abgeschlossen ist, und darin eine Flüssigkeit, in welcher die Stoffe *A*, *B*, *C*, *D* usw. in bestimmten Gewichtsverhältnissen gelöst oder fest vorhanden sind; ein Teil der gelösten Stoffe sei ionisiert, ein Teil nicht; in dem von der Flüssigkeit freien Raum des Gefäßes befinden sich

1) l. c. p. 209.
2) Allg. Chem. II, p. 516 ff.

Digitized by Google

Gase, und zwar natürlich ein als 'Phase' einheitliches Gasgemenge. Alles sei im Gleichgewicht; es geschieht also nichts. Es werde nun ein gewisses Quantum eines Stoffes X hineingebracht, von dem man weiß, daß er auf Grund der bekannten chemischen Gleichungen irgendwie auf das im Gefäß befindliche System 'wirken' kann.

Die Frage ist jetzt: was geschieht?

Läßt sich irgendwie ein mit den energetischen Grundbegriffen operierendes Kennzeichen dessen angeben, was in solchem Fall, in chemischer und aggregativer Hinsicht, jedenfalls geschehen wird, oder wenigstens ein Kennzeichen dessen, was auf alle Fälle nicht geschieht? Und in welchem Verhältnis würden solche Kennzeichen zum zweiten und dritten energetischen Hauptsatze stehen?

§ 231. Der wahre zweite dieser Sätze besagt bekanntlich in seinem ersten Teil, daß ohne Verschiedenheit von irgend etwas überhaupt beim Wirken in Betracht Kommenden nichts geschieht. Dieser Satz wird auf unsern Fall in entsprechender Zirkelform angewandt, in welcher früher der Satz von der Energieerhaltung auf alles Chemische, ja auf Potentielles überhaupt angewendet worden ist: geschieht nämlich etwas Chemisches oder Aggregatives, so wird gesagt, es seien Verschiedenheiten, und zwar solche der Intensität, des Potentials, vorhanden gewesen.

Der zweite Bestandteil unseres zweiten Hauptsatzes besagt, daß alles Geschehen von der höchsten überhaupt aktuell in Betracht kommenden Intensität anhebe, wobei die Intensitäten verschiedener Energien in Äquivalenzmaß angebbar gedacht werden. Dieser Satz wird nun auch in Zirkelform angewendet: es wird eben das, was zuerst geschieht, als auf Grund des größten 'Potentialunterschiedes' der höchsten unkompensierten Äquivalenzintensität geschehend angesehen.

Man sieht, wie hier sachlich eigentlich außerordentlich wenig, nicht mehr, als mit den Sätzen von Helmholtz oder Le Chatelier gewonnen wurde: alles bewegt sich auch hier im Bereich des Quantitativen; ja es sagen eigentlich alle diese im wesentlichen aprioristischen Sätze nur aus, daß überhaupt Quantitäten eine bestimmende Rolle spielen.

Aber die auf die energetischen Grundbegriffe zurückgehende Behandlung der Sachlage ist logisch befriedigender als eine solche, welche sich mit Kollektivbegriffen begnügt.

Digitized by Google

b. Wiederum die Begriffe 'von selbst' und 'Arbeit'.

§ 232. Wir müssen nun die früher vorgenommene allgemeine Analyse des wahren zweiten und des dritten, von der Zerstreuung handelnden energetischen Hauptsatzes noch etwas mehr im einzelnen auf Chemisches und Aggregatives anwenden.

Daß, wie allgemein erörtert, alle Wendungen, welche den zweiten Teil des wahren zweiten Hauptsatzes, die Aussage also, daß alles Geschehen in einem System von der höchsten unkompensierten Intensität ausgehe, und daß Potentialanstieg nur auf Potentialfall erfolgen könne, unter Gebrauch der Ausdrücke 'von selbst', 'ohne Kompensation', 'unter Arbeitsaufwand' usw. darzustellen versuchen, von begrifflichen Dunkelheiten nicht ganz frei sind, zeigt sich ganz besonders im chemisch-aggregativen Gebiete. Jene Ausdrücke sind im Gefolge der eigentlichen Thermodynamik und diese wieder ist im Gefolge der Dampfmaschinentechnik erwachsen. So ist denn verständlich, daß Ausdrücke, die hier klar waren, bei ihrer Übertragung auf andere, viel allgemeinere Dinge dunkel werden konnten: ging doch ihr eigentlicher Sinn oft in einen recht 'uneigentlichen' über.

Prüfen wir einmal ganz unbefangen und ohne Gedanken an die übliche 'Thermochemie' den ursprünglichen Clausiusschen Satz 'Wärme kann nicht von selbst, d. h. ohne Arbeitsleistung von niederer zu höherer Temperatur übergehen' in seiner Übertragung auf chemisch-aggregativen Grund:

'Von selbst' geschieht doch sicherlich die Auflösung (Mischung) von Schwefelsäure in Wasser, und dabei wird eine bedeutende Wärmemenge frei, geht also Wärme auf 'höhere Temperatur über'. Es resultiert nun ferner in diesem Falle, der aber keine allgemeine Bedeutung in dieser Beziehung[1]) hat, eine Volumverkleinerung; will man diese eine 'Arbeitsleistung' nennen, so ist das doch ein sehr uneigentlicher Ausdruck, und als 'Kompensation' für die Erhebung der thermischen Intensität kann diese 'Leistung' sicherlich nicht gelten, der Fall des 'affinitiven', des Lösungs-Potentials ist vielmehr die energetische Ursache für Erwärmung und Volumverkleinerung.

Ebenso geschieht die Lösung fester Körper in Flüssigkeiten 'von selbst', dabei wird meist Wärme aufgenommen; es kann aber auch

1) Umgekehrt kann beim Schmelzen bekanntlich trotz der Wärmeaufnahme Volumverkleinerung oder Volumvergrößerung erfolgen. Auch die polymorphen Modifikationen gehören hierher.

Digitized by Google

Wärme frei werden, und über Zusammenhänge mit Volumeigenschaften ist hier gar nichts eigentlich Gesetzliches bekannt. Was ist hier die 'Arbeit', was im exothermischen Falle die 'Kompensation'?

Im rein Chemischen wird alles noch dunkler: wird bei einer chemischen Reaktion Wärme frei, so geschieht das sicherlich 'von selbst'; was aber hier 'kompensiert', nämlich der auf Grund aprioristischer Überlegungen (s. o.) erschlossene 'Potentialfall', kann doch wahrlich nicht als 'Arbeits'-Leistung im strengen Wortsinne gelten.

So erscheinen also die Sachverhältnisse begrifflich zunächst als nichts weniger denn klar nach üblichem thermodynamischen Schema faßbar.

§ 233. Man bedenke nun einmal, wie außerordentlich viele verschiedene 'Energiearten' bei jedem chemisch-aggregativen Prozeß tatsächlich in Frage kommen. Wird z. B. in eine Lösung ein fester Körper getan, der mit einem oder mehreren ihrer Bestandteile reagieren kann, so kommt etwa in Frage: bei dem zuerst geschehenden Auflösen des festen Körpers 'Lösungsenergie', dann die eine oder andere 'chemische Energie', dann etwa wieder Ausfällung eines Bestandteils, also eine neue 'aggregative Energie', dann Thermisches und endlich wohl noch gar eine Volumänderung des Ganzen und eine Änderung der Oberflächenspannung, von Elektrischem ganz abgesehen. Jede dieser 6—7 'Energiearten' hat logischerweise ihre 'Intensitäten', und fügt sich notwendigerweise allen möglichen Formen des 'zweiten wahren Satzes', weil sie sich eben fügen muß; auch kommt 'Zerstreuung' in Hinsicht jeder dieser Energiearten in Frage. Wirklich an Einsicht gewonnen wird durch den energetischen Schematismus auch hier so gut wie nichts, und etwa von einem 'Messen' der Affinität ist auch hier, wegen ihrer Nichtisolierbarkeit, keine Rede.

Wo aber selbst logisch klare Begriffe versagen, da versagen die uneigentlichen Begriffe wie 'von selbst', 'Arbeit' usw. erst recht. Das allgemeine analytische Energieschema ist wenigstens klar, die Worte 'von selbst', 'Arbeit' usw. meinen in jedem Fall eigentlich etwas anderes, als sie wörtlich aussagen, und dazu wohl gar noch in verschiedenen Fällen Verschiedenes.

§ 234. Betrachten wir zur Klarstellung unserer Einsichten auch noch einmal von anderm Gesichtspunkt als früher umgekehrte und umkehrbare Vorgänge.

Wenn die Gleichung $m_1A_1 + m_2A_2 = m_1'A_1' + m_2'A_2'$ in beiden Richtungen unter gleichen Bedingungen lesbar ist und beide Male dasselbe Resultat $\mu_1A_1 + \mu_2A_2 + \mu_1'A_1' + \mu_2'A_2'$ liefert, so verlaufen

Digitized by Google

beide Umsätze in voller Strenge 'von selbst'; eben daß das möglich ist, macht ja (p. 135 f.) das chemische 'Potential' als Intensitätsfaktor zu einer so seltsamen, praktisch nur als Resultante gegebenen Größe. Nun verläuft, wenn überhaupt Wärmetönung in Frage kommt, die eine Reaktion naturgemäß exo-, die andere endothermisch. Hat es hier irgendwelchen Sinn, bei der exothermischen, bei welcher also Wärme von höherer Temperatur gewonnen wird, von 'Kompensation durch Arbeit' zu reden? Ich meine, man kann doch wohl nicht angeben, was das hier heißen solle. Die Ausdrücke, welche letzthin der Dampfmaschinentechnik entstammen, versagen hier eben.

Werden 'von selbst' bis zum Gleichgewicht verlaufene Reaktionen durch künstliche Eingriffe, z. B. durch Wärmezufuhr, umgekehrt, so liegen die Dinge etwas anders. Bekanntlich geschieht in solchem Fall, 'in Widerstand gegen den Zwang' (s. o. p. 141), stets Endothermisches, einerlei ob das in Hinsicht der 'Elemente' eine Synthese oder eine Trennung ist[1]). Hier ist also wirklich 'Zwangsgeschehen' vorhanden, hier wird etwas 'geleistet', das als 'Kompensation' für das in gewissem Sinn 'Unnatürliche' des Geschehens gelten könnte, wenn schon die Kompensation keine 'Arbeit', sondern ein Temperaturfall ist: das Resultat ist hier die Schaffung eines 'Potentialunterschiedes', der sich bei Wiederherstellung der vor dem Versuche bestandenen Bedingungen äußern wird.

So könnte man denn aus diesem Beispiel den Satz gewinnen: Ein Potential kann nicht 'von selbst', d. h. ohne 'Kompensation durch Wärmezufuhr', auf eine höhere Spannung übergehen!

Ein merkwürdiges Korrelat zum Satze von Clausius! Und so könnte man wohl noch durch andere Beispiele alles recht gründlich in Verwirrung bringen.

Soll doch dieses alles nur dazu dienen, klarzumachen, daß im chemisch-aggregativen Gebiet ganz besonders die Ausdrücke 'von selbst' und 'Arbeitskompensation', ja überhaupt der Ausdruck 'Arbeit' zu vermeiden sind. An Stelle des Wortes 'Arbeit' hat unserer allgemeinen Formulierung des zweiten Hauptsatzes entsprechend ganz allgemein der Ausdruck 'Intensitätsfall' zu treten.

---

1) Bekanntlich kann auch die 'Bildungswärme' von Verbindungen positiv oder negativ sein. Manche zusammengesetzte 'Moleküle' ferner bilden sich erst bei hohen Temperaturen.

Digitized by Google

c. Die besondere Form des zweiten und dritten Hauptsatzes der Energetik im Chemisch-Aggregativen.

§ 235. Hält man unsere terminologischen Vorschriften ein, so kann man nun, wie ja schon früher allgemein geschehen, die Tatsache der Zerstreuung, also unsern dritten Satz, in Vereinigung mit dem zweiten Teil des wahren zweiten Energiesatzes für chemisch-aggregative Zwecke so aussprechen:

Alle chemisch-aggregativen Veränderungen in einem gegebenen System heben von gewissen Faktoren an, die entweder schon anderweitig (aus der Physik) als höchste Intensitäten bekannt sind oder jetzt, um das Schema zu wahren, als solche bezeichnet werden; es können durch diesen Intensitätenfall, falls die 'Koppelungen' oder sonstigen 'Maschinenbedingungen' es gestatten, andere Intensitäten gesteigert werden; aber nie findet eine solche Steigerung statt, daß dadurch irgendwo im System eine der ursprünglichen höchsten gleiche oder äquivalente Intensität wieder erreicht würde, und zwar ist solches deshalb nicht der Fall, weil, wie die Tatsachen nun einmal sind, ein Intensitätsfall, falls er überhaupt über einen Intentitätsausgleich zum Mittelwerte hinausführt, stets mindestens zwei, meist viel mehr Intensitätenerhebungen zur Folge hat, wodurch sich der absolute höchste Intensitätenbetrag notwendig verringert.

Das im letzten Teil dieses Satzes Ausgesagte ist empirisch; es wäre auch anders denkbar.

In der Tat kann es also zu Intensitätserhebungen nur kommen durch eine 'Leistung', wenn man Leistung als das auf Grund eines Intensitätenfalls Geschehende definiert. Die 'Leistung' und die Intensitätserhebung kann jedem Energiegebiet angehören; von 'Arbeit' ist hier nur ganz uneigentlich zu reden.

Ein gutes Beispiel bietet jede exothermische Reaktion: es fällt ein 'chemisches Potential' als 'Leistung', es steigt die Temperatur als Intensitätserhebung; aber die Erhebung erreicht nie den Wert des ursprünglichen Potentials, da sie, von Volumänderungen und Elektrischem ganz abgesehen, wegen der 'Natur' der Wärme an gar zu vielen Orten statthat. Die Wärme ist auch hier so recht das 'Zerstreuende' der Intensitäten, Strahlung ist es noch viel mehr, und es ist nicht zu vergessen, daß z. B. auch alle Diffusionserscheinungen 'zerstreuende' sind.

§ 236. Um in Hinsicht der 'Zerstreuung' völlige Klarheit zu erzielen, bedürfte es hier eigentlich jedesmal einer Analyse des Ortes,

Digitized by Google

der Lokalisation der Intensität, ja, um es paradox auszudrücken, der 'Intensitätsintensität' oder Intensitätsdichtigkeit. Es wird aber wohl für jeden einzelnen Fall bestimmt werden müssen und auch bestimmt werden können, was das heißen solle. Wenn man die Sache einfach wenden will, kann man beliebige Raumelemente als Einheiten zugrunde legen und jeweils von ihrer Intensität reden. Der dritte Hauptsatz würde dann lauten:

Ein Intensitätsfall an n Raumeinheitsorten bedingt eine Intensitätserhebung an mindestens $n + 1$ derselben, falls nicht überhaupt Ausgleich zum Mittelwert statthat.

§ 237. Überschauen wir unsere letzten Ausführungen und halten wir sie noch einmal und zum letzten Male mit den eingebürgerten Ausdrücken 'von selbst' und 'Arbeit' zusammen, so ist klar, daß das Wort 'von selbst' auf das erste Anheben einer Veränderung von höchster Intensität an vielleicht ohne Dunkelheit anwendbar wäre: alles beginnt mit Intensitätsfall, und wo kein Intensitätsfall, sondern Intensitätserhebung ist, da ist kein Anfangsvorgang, sondern ein Geschehen, dem mit Bestimmtheit Intensitätsfall vorausging. Intensitätsfall bedingt Abnahme des Wirkenkönnens, in jedem Fall des Intensitätssturzes nimmt also für diese Intensität die Fähigkeit, 'Arbeit' zu leisten, ab, aber auch die Fähigkeit zu allen möglichen andern Potentialerhebungsleistungen, und da die Intensitäten stets, mindestens in geringem Grade, nach Ausgleich streben, so ist diese Abnahme eine absolute für das ganze betrachtete System. Da nun an Stelle jeder Intensitätserhebung irgendwelcher Art, welche als Folge von Intensitätsstürzen eintritt, gedanklich auch eine wahre 'Arbeitsleistung', d. h. die Fortbewegung einer Masse gegen eine Kraft, treten könnte ('virtuelle Arbeit'), so mag denn endlich, wenn man das durchaus wünscht, gesagt werden, daß jeder Intensitätsfall ein arbeitermöglichendes Geschehen darstellt.

Das wäre die definitive Auseinandersetzung mit den Begriffen 'von selbst' und 'Arbeit', die uns die strenge Durchführung des strengen energetischen Intensitätssatzes gestattet.

d. Intime Analyse einiger besonderer, zumal 'isothermer' Vorgänge.

§ 238. Die strenge Anwendung dieses Schemas, also des wahren zweiten Energiesatzes, gestattet uns aber noch ein Weiteres, nämlich eine im wirklich genetischen Sondersinne kausale Analyse chemischer oder aggregativer Vorgänge, welche oder soweit sie mit äußeren

Digitized by Google

Parametern, ganz besonders der Temperatur, aktiv oder passiv in Beziehung stehen. Das scheint mir ein ganz besonderer Vorteil gerade des streng zergliederten Energieintensitätsschemas zu sein, ein Vorteil, den die Handhabung der allgemeinen Begriffe freie Energie, Wärmetönung usw. nicht bietet.

Wir haben oben ausgeführt, daß Wärmetönung nur die an einem System geschehene positive oder negative Gesamtenergieänderung quantitativ mißt und, solange im Gebiet des ersten Energiesatzes geblieben wird, auch durchaus nichts anderes soll. Es scheint mir, als habe sich die übliche Thermochemie gar zu sehr bei dieser recht wenig inhaltreichen Leistung beruhigt.

Auf alle Fälle erfordert nämlich die Beziehung zwischen Wärme und Chemisch-Aggregativem noch andere Fragestellungen; Le Chateliers Satz vom Widerstand gegen den Zwang löst diese Fragen zum Teil, aber zu allgemein und nicht in eigentlich streng kausaler Form; wir wollen daher die Sachlage auf unsere Art, einfach unter Anwendung der strengen Intensitätsschematik, darstellen; implizite haben wir auf den letzten Seiten schon wiederholt die Überlegungen angewandt, welche jetzt ihre analytische Begründung finden sollen.

Es handelt sich hier ganz besonders um die 'isotherm' genannten Vorgänge, mögen das eigentlich chemische Umsätze oder aggregative Vorgänge, wie Schmelzen, Verdampfen und ihre Gegenstücke sein; doch wollen wir den Begriff 'isotherm' nicht von Anfang an einführen.

§ 239. Denken wir uns einen adiabatischen luftgefüllten Raum von bestimmter Temperatur, und in diesem eine exo- oder eine endothermische Reaktion statthaben, so nimmt in ersterem Falle die Temperatur der Luft unseres Raumes und natürlich auch der beteiligten Reaktionsmassen zu, im zweiten ab; die Gesamtheit des eigentlich chemisch Reagierenden in unserm Raum ist das 'System', dessen Totalenergieänderung die positive oder negative Wärmetönung 'gemessen' hat. Wir verlangen eine wirklich kausale Inbeziehungsetzung zwischen den thermischen und den chemisch-aggregativen Energiefaktoren unseres abgeschlossenen Gesamtraumes. Der Ausdruck: der reagierende Systemteil habe aus der Luft 'Wärme aufgenommen' oder 'Wärme abgegeben', ist durchaus nichtssagend im Sinne des wahren zweiten, nach strengstem Schema formulierten Hauptsatzes, der für das wirkliche Geschehen allein in Betracht kommt.

§ 240. Im Sinne dieses Schemas muß mit dem Fall der höchsten

Digitized by Google

unkompensierten Intensität das 'Geschehen' in dem gesamten adiabatischen System beginnen: bei positiver Wärmetönung, also bei 'Wärmeentwicklung', seitens des reagierenden Systemteils ist in klarer Weise eine chemische Potentialdifferenz das 'Unkompensierte' gewesen, sie ist 'gestürzt', und dieser 'Sturz' hat nun zwar keine 'wirkliche' Arbeit geleistet, aber er 'hätte' solches tun können; was er, vielleicht unter manchem andern in unisolierbaren Energiegebieten, was jedenfalls der Reaktionsvorgang als Gesamtheit, soweit er einen Intensitätensturz bedeutet, 'geleistet' hat, das ist die beobachtete Temperaturerhöhung des Gesamtsystems. Erst bei dieser Auffassung erhält die positive Wärmetönung einen kausalen Sinn und erscheint als mehr denn als bloß änderungsmessend.

§ 241. Bei negativer Wärmetönung liegt die Möglichkeit wahrer kausal-energetischer Deutung der Sachlage viel komplizierter: es gilt, einen nach dem Intensitätenschema logisch zulässigen Grund dafür zu finden, daß der reagierende Systemteil 'Wärme aufnimmt', denn eben dieser Begriff paßt ohne weitere Analyse nicht in jenes Schema hinein und soll doch mehr als bloß änderungsmessend sein. Dabei ist stets wohl zu beachten, daß der Zerstreuungssatz eine absolute Abnahme der höchsten Intensitätsdifferenz für das Totalsystem, für den ganzen adiabatischen Raum, also eine Abnahme seiner 'freien Energie', seiner 'Arbeitsfähigkeit' fordert.

Man kann es wohl verstehen, wenn angesichts solcher Schwierigkeiten manche Forscher von einer Handhabung des strengen, von Ursache und Wirkung redenden Kausalschemas, das im Intensitätenschema des zweiten wahren Hauptsatzes seinen logischen Ausdruck findet, überhaupt nichts wissen wollen und sich mit rein funktionalen (mathematischen) Formulierungen begnügen. Unseres Erachtens muß aber jenes Schema stets angewandt werden können und daher angewandt werden.

So mag denn ein Weg kurz angedeutet werden, der hier logisch vielleicht zum Ziele führen kann: nehmen wir an, daß die fragliche endothermische Reaktion in unserm adiabatischen System unterhalb einer bestimmten Temperatur t_0 überhaupt nicht statthaben könne, daß aber die reale Temperatur des Systems im Versuchsbeginn t_x größer als t_0 ist, so liegen die Verhältnisse logisch offenbar ebenso, als hätte man das System bei einer Temperatur eben unter t_0 aufgebaut und darauf die Temperatur auf $t_0 + \Delta t$ gesteigert; dann hätte nach dieser Steigerung, nicht aber vorher, das von uns unter-

Digitized by Google

suchte Geschehen stattgefunden. Bei solcher Wendung der Sachlage erscheint nun deutlich die thermische Intensität als kausaler Ausgang des Ganzen. Thermische Intensität ist es, die 'unkompensiert' ist gegenüber irgendeinem unisolierbaren Faktor in dem eigentlich 'reagierenden' Systemteil, sie fällt und zeitigt in letzterem irgendeine, auch unisolierbare, Potentialerhebung. Selbstredend rechnen wir hier dem Schema zuliebe mit lauter durchaus unbekannten Größen.

Man darf nun nicht etwa einwenden, daß wir hier Wärme in gleichtemperiertem System 'wirken' ließen, der reagierende Teil unseres Systems hat nämlich 'vor' der erfolgenden Reaktion nur gedanklich die Temperatur t_1; real kann er diese Temperatur als wirklich reaktionsfähiger gar nicht haben, er kann, kurz gesagt, bei der Temperatur t_1 gar nicht er selbst 'vor' der Reaktion, sondern nur in der Reaktion oder nach ihr sein; wo Temperatur über t_0 ist, da ist auch schon der reagierende Systemteil in Reaktion.

Wenn aber einer sagen möchte, daß nach der Reaktion der reagierende Systemteil eine höhere Intensität darstelle als vorher — wie er ja auch eine höhere Gesamtenergie repräsentiert —, daß er also in höherem Grad arbeitsvermöglich, also reicher an 'freier Energie' sei als vorher, und daß solches dem allgemeinen Satze von Helmholtz widerspräche, so bedenke man, daß nach unserer Schematik die Reaktion ja nicht 'von selbst', d. h. nicht als 'erste' im System stattgefunden hat; der Temperaturfall war ja das erste: er hat eben 'Arbeit geleistet', d. h. eine Intensitätserhebung (chemischer oder aggregativer Art) in einem Teile des Gesamtsystems zustande gebracht; die 'Arbeitsvermöglichkeit' des gesamten adiabatischen Systems ist auch nach unserer Schematik gesunken.

Es ist zuzugeben, daß diese ganze Betrachtungsweise unanwendbar wird bei endothermen Reaktionen, für welche es eine untere Temperaturgrenze nicht gibt; das Kausalschema, welches hier eintreten muß, mag daher vielleicht auch gleichzeitig an Stelle der zuerst von uns erwogenen logischen Möglichkeit treten: hier ist das 'erste' Geschehen als chemischer, jedenfalls als 'molekularer' Potentialfall zwischen den beiden reagierenden Stoffarten gegeben; es muß aber nun angenommen werden, daß dieser Potentialfall gleichzeitig eine heterologe Kompensation zu thermischer Intensität aufhebt: es sinkt also die Temperatur, damit jedenfalls irgendwelche unbekannten geringfügigen Potentialanstiege im reagierenden System nach sich ziehend.

Digitized by Google

Durchaus unbekannt, ja unisolierbar sind die Geschehenseinzelheiten hier stets, aber das kausale Intensitätenschema muß angewendet werden; wir dürfen uns nicht dabei beruhigen, daß der reagierende Systemteil während der Reaktion 'Wärme aufnehme', das besagt im Sinne wahrer Geschehensenergetik gar nichts.

§ 242. Natürlich treten auch hier alle die begrifflichen Bedenken auf, welche aus der Relativnatur 'chemischer Energie' nicht nur, sondern in noch höherem Maße 'chemischen Potentials' entspringen, und welche es unsinnig erscheinen lassen, diese Größen einem Stoff als Eigenschaften, sei es auch nur potentieller Art, zuzusprechen: so kann z. B. von unkompensierter heterologer Potentialdifferenz zwischen thermischen und chemischen Faktoren natürlich erst die Rede sein, sobald die beiden Stoffe des reagierenden Systemteils in wirklich reaktionsfähigem Zustande beieinander sind, erst dann ist überhaupt 'chemische' Geschehensmöglichkeit da.

Unsere Überlegungen entspringen demselben logischen Unbehagen, das, wie uns scheint, Helmholtz auf seine thermochemischen Erwägungen geführt hat; Erwägungen, die uns nun zwar in kausaler Hinsicht nur einen ersten Schritt zu bedeuten scheinen.

§ 243. Es wird klar geworden sein, daß, was wir hier unternehmen, im letzten Grund eine Auflösung sogenannter 'isothermer' Vorgänge nach kausalem Schema bedeutet hat, obwohl wir dieses Wort bisher nicht anwandten, sondern unser System absichtlich als adiabatisch bezeichneten, eine praktisch bekanntlich unrealisierbare Eigenschaft: ihre Fiktion gestattete uns, die eigentlich kausale Intimbeziehung zwischen Thermischem und Chemischem recht fest zu fassen. Lassen wir die Fiktion jetzt fallen, so werden unsere endothermischen Reaktionen dann sofort 'isothermisch', wenn wir uns das dem nicht reagierenden Systemteil 'entzogene', d. h. das seinen Intensitätsfall vollzogen habende Wärmequantum perpetuierlich von der Umgebung ersetzt werdend denken. Dieser permanente Ersatz[1]) ist aber ohne weiteres rein kausal auffaßbar, und so ist damit der kausal meist etwas dunkle Begriff des 'Isothermen' aller logischen Bedenken entkleidet. Die strengste Formulierung des wahren zweiten Satzes hilft auch hier.

Ganz den soeben angestellten entsprechende Erwägungen gelten natürlich für alle Beziehungen zwischen chemischem und elektrischem

1) Selbstverständlich vollzieht sich der Wärmenachschub auch zwischen der Luft des Systems und dem eigentlich reagierenden Systemteil; ja, hier beginnt er sogar.

Digitized by Google

Geschehen: auch hier gilt es immer, den 'ersten' Vorgang, also Intensitätsfall, logisch zu isolieren, und alles nach dem Schema der möglichen Potentialanstiege, immer korrigiert nach dem empirischen dritten Satze, der von der Zerstreuung in ihren drei möglichen Formen handelt, zurechtzulegen.

§ 244. Was im Gebiet des Chemischen gilt, gilt naturgemäß auch im Gebiet des Aggregativen; ja die Vorgänge des Schmelzens und Verdampfens nebst ihren Gegenstücken, alle diese ebenfalls 'isothermen' Geschehnisse, sind sogar leichter intensitätsenergetisch aufzulösen als rein Chemisches, da hier bei allem Endothermen die untere Temperaturgrenze deutlich gegeben ist:

Ein Stück Eis von 0° C werde in einen adiabatischen Raum von + 10° gebracht; aus Eis wird Wasser; empirisch steht fest, daß schon bei $(0 + \Delta t)$ ° C Wasser entstehen würde. Hier, wegen der festen unteren Temperaturgrenze, ist ganz unzweideutig thermischer Intensitätsfall der 'erste' Vorgang: eine thermische Intensität bestimmter Höhe ist eben unkompensiert gegenüber aggregativen Intensitäten; sie fällt, aggregative Potentiale steigen, wenn schon nach Satz III, wohl weil mehrfache Einzelanstiege statthaben, nicht zur ursprünglichen Höhe.

Das ist die intensitätsenergetische Auflösung des Schmelzens: wegen der 'aufgenommenen Wärme' ist natürlich der 'Energieinhalt' des Wassers größer, als der des Eises, wenn dieses Wort überhaupt einen Sinn darstellt; größer ist im Wasser auch irgendein, begrifflich zwar recht anfechtbares, 'Potential'. War doch das Schmelzen gar nicht 'von selbst', sondern als Folge eines Potential- (Intensitäts-) falles vor sich gegangen.

Wird das Wasser nun in eine Temperatur von $(0 - t)$ ° C gebracht, so gefriert es wieder: sein vorher gesteigertes Potential kommt — von Energiequanten ganz abgesehen — hier zur Geltung, es ist einer thermischen Intensität von unter 0° gegenüber nicht kompensiert, es fällt jetzt, jetzt geschieht 'von selbst' der aggregative Vorgang als erster, er 'leistet' nicht wirkliche 'Arbeit', aber thermische Intensitätshebung, mit der starke 'Zerstreuung' einhergeht: es 'wird Wärme frei'.

Man sieht: die Ausdrücke 'latente Wärme', 'Arbeit', 'Wärmeaufnahme' usw. lassen sich sämtlich umgehen und müssen vom streng intensitätsenergetischen Schema umgangen werden.

Digitized by Google

e. Rückblick.

§ 245. Mit unsern Darlegungen ist der reine zweite Energiesatz in seine vollen Rechte getreten: logisch ist unsere Darlegung im wesentlichen unanfechtbar.

Was lehrt sie uns?

Kurz gesagt: so gut wie nichts!

Das aber ist das Schicksal aller kausalen Schematik.

Wir haben uns stets in Zirkeln bewegt: wir haben dort die höchsten unkompensierten heterologen Potentialdifferenzen hinverlegt, wo das erste geschah, und dann gesagt: von den höchsten Potentialdifferenzen aus geschieht das erste; wir haben überhaupt ganz souverän verfügt über alle quantitativen Naturfaktoren, wie wir sie brauchten für das Schema, welches wir vor der Untersuchung besaßen! (Zusatz 35.) Dem empirisch Gegebenen warfen wir das Schema über wie ein Netz, aber das Empirische war reich; das Netz umfaßte nur, es sonderte nicht.

Die Chemie ist eben eine Wissenschaft, die ganz vorwiegend von Qualitäten, von 'intensiven Mannigfaltigkeiten' handelt. Das Quantitative, so gut wie nie unmittelbar meßbar, sinkt hier zu fast völliger Bedeutungslosigkeit herab; in seinen Grundrahmen kennt man es vor der Erfahrung. Was irgend praktische Bedeutung hat, läßt sich tatsächlich sogar noch eher mit logisch weniger geklärten kollektivistischen Begriffen, wie etwa mit dem Begriff der 'freien Energie', als mit den abstraktesten logischen Subtilitäten darstellen.

Im Zirkel bewegen sich alle mehr kollektivistischen quantitativen Methoden natürlich auch: wird irgendwo 'Arbeit' gewonnen, so heißt es: da habe 'freie Energie' abgenommen — von der man vorher nichts wußte; gerade so, wie es bei irgendeiner irgendwo meßbaren Intensitätserhebung hieß: da sei ein Potential gefallen; vorher war auch dieses Potential unbekannt. Geschieht gar nichts, so sind 'gewisse' 'Parameter' 'identisch'[1]). Diese Parameter kannte man weder vorher noch nachher!!

9. Die Katalyse.

§ 246. Eine kurze Skizze über die sogenannte Katalyse und verwandte Erscheinungen mag dieses Kapitel abschließen.

---

1) Gut illustriert das Gesagte auch z. B. der Begriff des 'thermodynamischen Potentials'. Vgl. Nernst, 4. Aufl., p. 651 f.

Digitized by Google

Der Begriff der Beschleunigung chemischer Reaktionen ist es, der hier im Zentrum des Interesses steht, ja eine Zeitlang neigte die Ostwaldsche Schule wohl gar dazu, nur in einer Beschleunigung auch sonst 'von selbst' verlaufender Reaktionen das eigentliche Grundkennzeichen katalytischer Vorgänge zu erblicken.

Wenn wir den möglichen Einfluß der Temperatur auf chemische Geschehnisse überblicken, wird sofort deutlich, um was es sich hier eigentlich handelt: daß Temperaturvariationen ein chemisches Gleichgewicht verschieben können, wobei denn das Geschehnis nach dem Le Chatelierschen Kollektivsatze geregelt wird, besprachen wir früher; hier tritt die Wärme eigentlich energetisch in Aktion, wofern wenigstens die in Betracht kommenden Reaktionen überhaupt solche sind, die unter Wärmetönung verlaufen.

Etwas ganz anderes ist es, wenn der Verlauf von Reaktionen zu dem unverändert gebliebenen Gleichgewichtszustand hin durch Temperatursteigerung[1]) beschleunigt wird: das kann der Fall sein, auch ohne daß Temperaturerhöhung das Gleichgewicht verschiebt, auf jeden Fall ist es ein von solcher Verschiebung unabhängiger Vorgang.

Ebenso wie hier die Temperatur wirkte, wirken nun in sehr vielen Fällen kleine Beimengungen fremder Stoffe auf Reaktionen: ohne das Gleichgewicht zu verschieben, beschleunigen sie ihren Verlauf. Es ergibt sich zunächst durch allgemeine, auf das Massengesetz gegründete Überlegungen, daß sie auch stets die entgegengesetzte Reaktion beschleunigen müssen. Im übrigen kommt direkte oder quadratische oder eine noch kompliziertere Proportionalität zwischen der Menge des Katalysators und der erzielten Beschleunigung vor. Wichtig ist das Vorkommen auch negativer, also verzögernder Katalysatoren; wichtig die Erscheinung der 'Autokatalyse', d. h. der Beschleunigung oder Verlangsamung von Reaktionen durch eines der Zersetzungsprodukte[2]). Alles Tatsächliche im einzelnen soll uns hier aber weniger angehen, um so mehr, als es kürzlich in klarer Weise mit besonderer Rücksicht auf physiologische Zwecke von Bredig[3]) zusammengefaßt worden ist. Auch die zumal durch E. Fischers

1) In geringerem Grade kann auch Druckzunahme beschleunigen.

2) Mit der Reaktionsverlangsamung durch Annäherung an das Gleichgewicht hat autokatalytische Verlangsamung natürlich nichts zu tun.

3) Asher-Spiros Ergebnisse der Physiologie, Bd. I, 1. Abt., 1902, p. 134. In dieser sehr lesenswerten Abhandlung findet sich auch alles Wesentliche der chemoenergetischen Theorie.

Digitized by Google

Untersuchungen bekannt gewordene Spezifität mancher Katalysatoren im Gegensatz zu dem sehr viel weniger spezifischen Charakter mancher andern mag hier nur genannt sein, wobei die Bemerkung, daß die sogenannten 'Enzyme', d. h. von Organismen produzierte Katalysatoren, meist, aber nicht immer und nicht ausschließlich der ersteren Gruppe angehören, nicht überflüssig erscheint.

Nach der üblichen Ansicht beteiligt sich der Katalysator nicht an dem eigentlich reaktiven, von ihm nur beschleunigten Vorgang, ebenso wie bloß beschleunigende Wärmezufuhr energetisch an ihm unbeteiligt bleibt.

§ 247. Die Ostwaldsche Schule glaubte nun anfänglich alle 'Katalysen' nach dem reinen Beschleunigungsschema auffassen zu können; falls für die empirische Nachweisbarkeit eine Reaktion offenkundig nicht nur beschleunigt, sondern recht eigentlich erst eingeleitet wurde, ward die Sachlage durch die Bemerkung erledigt, daß hier vor Zusatz des katalysierenden Stoffes ein unmeßbar langsamer Verlauf des Umsatzes doch bereits eingeleitet gewesen sei.

In neuester Zeit ist diese offenbar allzu eingeschränkte Theorie aufgegeben worden, und man rechnet jetzt theoretisch auch mit Katalysen, welche nicht nur 'beschleunigen', sondern ermöglichen: man redet also ganz allgemein von 'Katalysatoren', falls gewisse für Reaktionsabläufe wirksame Stoffe sich nicht irgendwie in stöchiometrischen Verhältnissen am Gesamtresultat der Umsätze beteiligen. Ostwald selbst hat, wie wir sogleich sehen werden, einer so gekennzeichneten Erweiterung der katalytischen Theorie die Bahn geebnet.

Es ist klar, daß ein Stoff, welcher eine Reaktion, die vorher durchaus nicht stattfand, wahrhaft einleitet, energetisch in Beteiligung an dem Geschehen treten muß: die offenbar eingetretene Gleichgewichtsverschiebung, die Änderung der Größe K (s. o. p. 133), ist eben eine energetische Leistung.

§ 248. Es fragt sich nun, wie diese Beteiligung aufzufassen sei.

Man hat hier allgemein von der Beseitigung von Widerständen geredet, aber solche Wendung bedarf offenkundig der Klärung, und eine mechanische Analogie von einem Ball etwa, der auf dem oberen Punkte einer Kugelschale liege und doch nicht herabrollen könne, weil er daselbst in einer kleinen Delle gelegen sei, zu deren Überwindung es eines, wenn schon kleinen, primären Potentialanstiegs bedürfe, sagt uns noch nicht gerade sehr viel.

Digitized by Google

Früher liebte man es, ganz allgemein bei Katalysen von durch den Katalysator ermöchlichten 'Zwischenreaktionen' zu reden, und diese Theorie hat neuerdings eine realere Gestalt dadurch gewonnen, daß man in gewissen Fällen für rein beschleunigende Katalysen eine Änderung der Reaktions-'Ordnung', des Zeitgesetzes der Reaktion, dem unbeschleunigten Verlauf gegenüber, nachwies, und daß Ostwald[1]) durch das Schema der gekuppelten Reaktionen, das von uns schon in anderem Zusammenhang kurz genannt ward (s. o. p. 133), eine allgemeine Möglichkeit des Verständnisses der Beteiligung von Zwischenreaktionen bei allen, also auch den wahrhaft ermöglichenden Arten der Katalysen geschaffen hat: Eine Erhebung auf ein höheres Potential, wie sie offenbar bei der 'Widerstandsüberwindung' durch Katalyse statthaben muß, kann nach dem wahren zweiten Satze nur auf Kosten eines Potentialfalles statthaben; ferner müssen, wie im Chemischen stets, aufeinander bezügliche Potentialfälle und Erhebungen sich im Bereiche derselben chemischen Gleichung abspielen, also 'gekuppelt' sein; eine instabile[2]) Verbindung ist also als primäres Resultat des zugesetzten Katalysators anzunehmen, sie ist das 'Kuppelnde', das Vermittelnde. Indem sie nun teils auf ein niederes Potential fällt, ist für den andern Teil die Möglichkeit der Potentialerhebung gegeben, und damit ist der Widerstand überwunden; nun kann der vorher nicht mögliche, auf die geschilderte Weise also durch den Katalysator eingeleitete Umsatz als eigentlich sichtbarer Effekt der Katalyse vor sich gehen.

Reihen wir das Gesagte dem logisch strengsten Schema des zweiten Hauptsatzes ein, so würde also der Katalysator den Potentialfall, der das erste Geschehnis in jedem System sein muß, ermöglichen; er hat einen des dritten Satzes wegen etwas kleineren Potentialanstieg zur Folge, aber eben auf diesen kommt es für den Verlauf der Hauptreaktion wegen der chemischen Spezifitätsbeziehungen, wie sie nun einmal sind, an. Spezifität der Potentiale ist ja das an allem chemischen Geschehen am meisten Charakteristische.

Energetisch muß sich ein Katalysator beteiligen, wenn er wirklich Geschehen ermöglicht; die Beteiligung kann sehr geringfügig sein, wie denn gerade bei den ermöglichenden Katalysatoren eine feste

---

1) Zeitschr. phys. Chemie 34, p. 248.

2) Es ist hier zu bemerken, daß bei allen chemisch-aggregativen Umsetzungen zuerst das Unstabilere zu entstehen scheint.

Digitized by Google

Beziehung der Menge des Katalysators zum Quantum der die Reaktion kennzeichnenden Größen meist nicht besteht, und es ist wohl durchaus nicht nötig, sie immer als rein chemisch zu denken; aggregative Umstände oder Verhältnisse der Oberflächen oder anderes mögen die wichtige Rolle der Katalysatoren ausmachen können. Bekannt ist hierüber noch nichts; man denke an die Wirkung von 'Keimen' auf unterkühlte Lösungen von Kristalloiden.

§ 249. Es entsteht schließlich die Frage, ob denn ein bloß beschleunigender Katalysator wirklich energetisch durchaus unbeteiligt an dem Geschehnis sei, und wie sich in dieser Hinsicht die beschleunigende Temperatur oder etwa das Licht, das wohl ebenfalls wahrhaft das Gleichgewicht zu verschieben oder nur beschleunigend zu wirken imstande ist, verhalten möge.

Hinsichtlich der Temperatur, deren voneinander unabhängige Wirkung auf Gleichgewicht und auf Beschleunigung wir bereits hervorhoben, entstehen zunächst durch verschiedene Nebenumstände allerlei Komplikationen[1]), die uns zur Einschaltung einiger Bemerkungen über die Arten von Temperatureinflüssen auf Reaktionen überhaupt zwingen: die Fälle reiner Beschleunigung und reiner Verschiebung vorhandenen Gleichgewichtes liegen klar zutage; es gibt aber hier als Explosionen, Verpuffungen usw. bezeichnete Fälle, auf die meist der unbestimmte Name 'Auslösung' angewendet zu werden pflegt, in denen nicht ohne weiteres deutlich ist, welche Beteiligung der Temperatur eigentlich zukommt. Um ein 'Ermöglichen' im Sinne der ermöglichenden Katalysatoren soll[2]) es sich der üblichen Theorie nach nicht handeln können, es kommt ja durch Temperaturerhöhung nichts eigentlich Neues hinzu, sondern es geschieht nur die Steigerung einer schon vorhandenen Intensitätsart. Also es handelt sich um Beschleunigung allein, vielleicht in unkonstatierbarer Form mit Gleichgewichtsverschiebungen verbunden; aber diese Beschleunigung weist Komplikationen auf: wird z. B. Knallgas durch den elektrischen Funken zur Entzündung gebracht, so wird unmittelbar nur ein ganz kleiner Bezirk desselben durch Reaktionsbeschleunigung zur wirklichen Reaktion gebracht, aber die durch die Reaktion produzierte Wärme selbst läßt die Reaktion sich nun stürmisch durch das Ganze fortpflanzen; bei Reaktionen mit negativer Wärmetönung könnte umgekehrt ein ent-

---

1) Vgl. hierzu Nernst, Theor. Chem. IV. Aufl., p. 654 ff.

2) Wenn man an unsere Analyse des 'Isothermischen' zurückdenkt, wird man allerdings vielleicht anderer Ansicht sein.

Digitized by Google

sprechendes Verlangsamen durch die Reaktion selbst, trotz anfänglich lokal zugeführter Erwärmung, statthaben. Die der Bildung von Wasser aus Knallgas und ähnlichen nur bei Wärmezufuhr rasch verlaufenden Reaktionen (z. B. der Bildung von NH_3 aus H_2 und N_2) bald bei nicht permanenter Wärmezufuhr folgende Wärmeableitung bewirkt nun ferner, daß fast sofort nach der durch lokale Erwärmung eingeleiteten und durch sich selbst weiter verlaufenen Reaktion wieder ein Temperaturzustand erreicht ist, bei dem die Reaktionspartner nur 'unmerklich langsam' reagieren. Dann ist ein Gleichgewicht überhaupt unstudierbar, und das Ergebnis des Ganzen ist, daß die Temperatur einen einseitigen 'zu Ende gegangenen' Vorgang 'ausgelöst' hat.

Der geschilderte Tatbestand hat äußere Ähnlichkeit geradezu mit ermöglichenden Katalysen, ist aber doch, wie erörtert, ganz anders zu denken; im Grunde kam auf Rechnung der Temperatur hier auch nur eine Beschleunigung. Es braucht sich hier wenigstens nicht um eine vermittelnde, Widerstand überwindende Potentialerhebung wie bei den wahrhaft ermöglichenden Katalysatoren zu handeln.

Ich meine nun allerdings, wenn wir uns auf eine rein logische Basis stellen, können wir die strenge Scheidung zwischen Beschleunigen und Ermöglichen in dem Sinne, daß nur bei letzterem energetische Beteiligung des Katalysators, oder der Temperatur oder des Lichtes statthabe, überhaupt fallen lassen: Was überhaupt 'wirkt', muß auch in den Wirkungsvorgang eintreten, das erfordert der Kausalitätssatz, der Begriff des Wirkens; in diesem Sinne würde sich 'das nur Beschleunigende' ebenso wie das Ermöglichende bei Stoff- oder Temperaturkatalysen stets beteiligen, werden doch auch nach der gangbaren Ansicht bei bloßer Beschleunigung 'Widerstände', wo nicht überwunden, so doch 'verringert'. Was aber die energetische Seite dieser Beteiligung angeht, so könnte an eine jenseits der Meßbarkeit kleine Abnahme der Intensität des Katalysators gedacht werden oder vielleicht auch an sein Vermögen, seine Intensität aus den stets zur Verfügung stehenden Intensitätsdifferenzen des Mediums, der 'Welt', fortdauernd zu ergänzen; an die Radioaktivität (p. 57) mag hier erinnert sein. Bezüglich der katalysierenden Wärme ist natürlich nur der erste Fall zulässig: ein außerordentlich kleiner Teil derselben würde eben nicht zur Erwärmung, sondern, auch bei bloßer Beschleunigung, zur 'Widerstandsverminderung' benutzt sein. Ich muß gestehen, daß mir in Weiterverfolgung dieses Gedankens ein der Rolle ermöglichender, nicht nur beschleunigender Katalysatoren analoger, wahrhaft ermöglichender, also Widerstand überwindender Einfluß von Temperatur-

Digitized by Google

da scheint es doch wohl angemessener, nämlich unbefangener, die Verhältnisse 'gegeben' sein zu lassen, wie sie nun einmal gegeben sind: das aber würde den Vorschlag bedeuten, die durch so viele 'Eigenarten' ausgezeichneten 'Energiefaktoren' einfach Naturagenzien oder Naturfaktoren zu nennen und das Wort 'Energieart' überhaupt aufzugeben. Hat doch gerade alles, was die 'Art' angeht, nichts mit 'Energie' zu tun, und trägt doch der Name 'Energieart' zur geistigen Erfassung der Naturspezifika wahrlich noch weniger bei, als die Bezeichnung 'Kilogrammart' zur Kennzeichnung etwa von Mehl, Zucker und Kirschen beitragen würde.

Digitized by Google

F. Versuch einer Analyse der elementaren Bedeutung der Entelechie.

1. Einleitende Betrachtungen.

a. Von den Arten der Zusammengesetztheit der Körper.

§ 252. Die Organismen sind heterogen zusammengesetzte Körper, das heißt Körper, welche aus verschiedenartigen Teilen in wechselnder Zahl bestehen. Zusammengesetzte Körper in diesem Sinne sind aber auch viele andere Dinge, welche offenbar keine Organismen sind, z. B. Inseln und Gebirge, andererseits Tische und Lokomotiven. Unsere Kennzeichnung bedarf also noch der Einengung, soll sie einen bedeutungsvollen Sinn bekommen.

Wir gewinnen eine solche, wenn wir einen großen Teil der nicht organischen Körper als 'zufällig-heterogen-zusammengesetzt' oder auch als 'untypisch-heterogen-zusammengesetzt' bezeichnen. Es läßt sich aus der Art des Zusammengesetztseins dieser Körper, also z. B. der Inseln, der Gebirge, keine Art von Regel gewinnen, welche auf das Besondere ihres Aufbaues Bezug hätte; auch wiederholt sich dieses Besondere nicht, oder doch nur in gewissen gröbsten Zügen, in mehreren Individuen. Das Besondere ist vielmehr in jedem Individuum einzig; daher ist es regellos, daher auch untypisch, und daher auch, weil eben nichts Formal-Typisches in ihm realisiert erscheint, zufällig (forma accidentalis).

In diesem Kennzeichen einer großen Gruppe der anorganischen heterogen zusammengesetzten Körper liegt es begründet, daß der Begriff des zusammengesetzten Körpers in den Wissenschaften vom Anorganischen höchstens, wie in der Geologie, ein Objekt historischer Betrachtungsweise ist, daß aber der Begriff der Spezifität der Zusammensetzung überhaupt nicht als Objekt rationeller Wissenschaft auftritt: man könnte jedem zusammengesetzten Körper dieser Gruppe ganz beliebige Teile nehmen, ohne seinen wesentlichen Charakter irgendwie

Digitized by Google

zu verändern. Er hat eben keinen solchen. Daß sich die anorganischen Körper unserer Gruppe in Kollektivklassen, wie Inseln, Vulkane, Deltas, Faltengebirge, sondern lassen, tut der Erkenntnis ihrer konglomerativen Natur keinen Abbruch.

§ 253. Die zweite Gruppe der anorganischen heterogen zusammengesetzten Körper, und der zusammengesetzten Körper überhaupt, sind die Artefakte, Kunstwerke und Maschinen weitesten Sinnes. Sie sind nachweislich von Organismen, in der überwiegenden Zahl der Fälle von Menschen gemacht. Sie sind in eben ihrer Zusammensetzung typisch, das Typische wiederholt sich in beliebig vielen Individuen. Man kann sich wenigstens sehr vieles an ihnen nicht wegdenken, ohne nicht nur ihren Begriff, sondern ohne das Verständnis der Möglichkeit ihrer Existenz zu verlieren. Sie sind zweckmäßig- und zugleich, eben darum, typisch-gesetzlich-heterogen-zusammengesetzt in dem Sinne, daß innerhalb des Typischen die Zusammensetzung selbst 'Gesetz' ist (forma essentialis).

Die Organismen nun haben alle Kennzeichen der zusammengesetzten anorganischen Körper der zweiten Art, aber sie haben noch andere sondernde Kennzeichen dazu.

Es ist hier nicht der Ort, näher darauf einzugehen; zum Teil ist das schon, zum Teil wird es noch geschehen. In diesem einleitenden Abschnitt war es nur die Absicht, zu betonen, daß und warum der Begriff des typisch-heterogen-zusammengesetzten Körpers in den anorganischen Wissenschaften noch keine Rolle spielt.

b. Kristalle als typische Körper.

§ 254. Der Begriff des typischen Körpers als formalen Gebildes tritt bereits im Anorganischen auf: aber es handelt sich dann, wie bei Kristallen, um einfache oder, wie z. B. bei Dendriten, um aus gleichen einfachen Teilen, also um homogen zusammengesetzte Körper.

Obwohl der Begriff des typisch-heterogen Zusammengesetzten bei diesen Klassen von Objekten keine Rolle spielt, und eben darum auch der Begriff des 'Zweckmäßigen' hier nicht eigentlich, sondern höchstens in ganz allgemeinem Sinn in Frage kommen kann, wovon noch die Rede sein wird, stellt die kristallographische Wissenschaft doch in gewissem Sinn eine Übergangsstufe von der Physik und Chemie zur Biologie dar: der Begriff der typischen, nicht 'zufälligen', Richtung von Geschehen tritt in ihr auf, der jenen Wissenschaften fremd war.

Digitized by Google

Dort kam eigentlich nur der Begriff der Geradlinigkeit in Frage: jetzt werden Richtungsverhältnisse zu Eigengesetzlichkeiten. Schon die Kristallographie stellt also der Physikochemie gegenüber etwas ganz Neues, durchaus Irreduzibles dar, wie immer man auch die Sache fiktiv oder hypothetisch wenden möge.

§ 255. Soll sich eine besondere 'Formenergie' im kristallographischen Geschehen zeigen, so ist einem 'Faktor' dieser Energie das typisch Gerichtete jedenfalls essentiell wesentlich, ja so wesentlich, daß es allein eigentlich das hier in Betracht kommende 'Agens' kennzeichnet und der 'Energiebegriff', als bloße Maßbestimmung, in ganz besonders deutlicher Weise zu einem bloßen Gedankenschema abstraktester Art sich verflüchtigt zeigt. Alles a priori über 'Energie' Aussagbare gilt natürlich auch hier; das kann ja gar nicht anders sein; aber wirklich der Einsicht hinzugefügt wird etwas hier nur durch solche Betrachtungen, welche nicht 'energetischer' Natur sind.

Auch diese zweite unserer Vorbemerkungen wird der Verständigung über andere Dinge förderlich sein.

c. Das Deskriptive und das Rationelle in der heutigen Biologie.

§ 256. In der typisch-gesetzlich zusammengesetzten Natur der organischen Körper liegt es begründet, daß die reine Deskription in der Biologie eine so große, gegenwärtig noch fast ganz im Zentrum des Interesses stehende Rolle spielt. Man muß kennen, dessen Gesetzlichkeit man untersucht. In diesem Sinn ist Beschreibung jeder Art notwendig. Selbstredend ist sie nur Vorarbeit, und Vorarbeit zu wirklicher Wissenschaft ist auch jedes nur kollektivistisch begründete 'System', wie das zeitige System der Lebewesen es ist. Im Kristallographischen ist man hier bekanntlich weiter[1]).

Aus dem Umstand, daß nicht nur die Zusammengesetztheit der Lebenskörper als solche, sondern auch das 'Funktionieren' auf Grund dieser Zusammengesetztheit zunächst einfach gekannt und beschrieben werden muß, erweitert sich das Gebiet der beschreibenden Biologie ganz ungeheuer. Mindestens neun Zehntel der sogenannten Physiologie gehören hierher; mag es sich hier auch um Vorgänge, um Abhängigkeiten und dergleichen handeln, mag auch das Experiment eingreifen: kollektivistisch-deskriptiv ist alles darum doch, und

1) Hierzu die beiden letzten Absätze von Zusatz 19.

Digitized by Google

wirklich rationell ist, wie gesagt, höchstens ein Zehntel der physiologischen Disziplinen.

§ 257. Das wenige, was in wirklich rationeller Form aus dem Studium derjenigen typisch-zusammengesetzten Körper, welche Organismen heißen, zu gewinnen versucht worden ist, ist im Hauptabschnitt D kurz zusammengestellt worden. Damit wurden jene Körper zugleich auch wirklich erschöpfend gekennzeichnet; erst dadurch wurden sie es (Zusatz 36). Auf den Entelechiebegriff als auf eine elementare letzte Aussage führte jene Betrachtung, wie denn auch eine weitere vorläufige Verfolgung des kristallographischen Tatsachenmaterials auf etwas dem Entelechiebegriff Ähnliches, wenigstens auf eine 'intensive Mannigfaltigkeit' führen würde.

Vorläufig war jenes und würde dieses sein.

d. Die neuen Aufgaben.

§ 258. Wir haben einen Begriff durch rationales Denken geschaffen; wie stellt er sich zu andern Begriffen, die dasselbe rationale Denken auf andern Feldern der Naturerkenntnis geschaffen hat? Die Natur ist doch eine. Widerspruchslosigkeit muß im Gebiet des Rationalen herrschen; das bedeutet keine Zwangsvereinheitlichung, wie die materialistischen Forscher sie lieben.

So fragen wir denn also, wie sich der Entelechiebegriff mit allem, was aus ihm folgt, zu den Allgemeinergebnissen des physikalisch-chemischen rationalen Denkens stellt. Was harmoniert hier, und was harmoniert noch nicht? Wo muß man ändern, auf daß Harmonie entstehe, im Anorganischen oder im Biologischen? Wo kann man ändern?

Im Hinblick auf die jetzt vorzunehmenden Analysen ist alles diesem Abschnitt Vorstehende, mag es teilweise auch in sich kritisch selbständig sein, nur Vorbereitung.

2. Empirische Präzisierung der Aufgabe: Das Chemisch-Aggregative an den Lebenskörpern.

§ 259. Durchmustern wir alle Geschehnisse an Organismen, von der Formbildung bis zu Bewegungen und Stoffwechselleistungen, im Hinblick auf dasjenige, was wir als letzte Einzelvorgänge an ihnen sinnlich-körperlich wahrnehmen können, so lassen sich solcher Vorgänge zunächst einige Kollektivgruppen in der üblichen

Digitized by Google

Sprache der Physiologie ohne Schwierigkeit namhaft machen: es geschehen chemische Veränderungen an chemisch mehr oder weniger klar gekennzeichneten Körpern, diese können Synthesen oder einfache oder hydrolytische Spaltungen sein; Oxydationen, Ionisierungen, Entmischungen usw. kommen vor. Was physikalisch geschieht, kommt stets in letzter Linie auf Änderung von Oberflächen oder auf Änderung des aggregativen Zustandes (Unlöslichmachen usw.) hinaus.

Das Chemisch-Aggregative ist es also, was als Letztgegebenes ganz vorwiegend von der Elementarphysiologie registriert wird: aus Kombinationen chemisch-aggregativer Einzeländerungen ergeben sich als Resultanten die seltsamsten Formrestitutionsleistungen ebenso wie die kompliziertesten Bewegungen der höchsten Organismen; alles andere (Thermische, Elektrische u. a.) erscheint dem gegenüber unwesentlich.

§ 260. Die Fragen, zu denen sich unsere Untersuchung nunmehr zuspitzt, sind also offenbar diese:

Was sagen die anorganischen Disziplinen über chemisch-aggregatives Geschehen, also über die notwendigen und hinreichenden Bedingungen seines Zustandekommens und seines Gleichgewichts allgemein aus?

Was fordern andererseits die im Entelechiebegriff liegenden und aus ihm folgenden Einsichten über diese Bedingungen in lebenden Wesen?

Lassen sich jene Aussagen und diese Forderungen vereinigen, und wie tun sie es?

Man wird es angesichts der geschilderten Sachlage berechtigt finden, daß wir gerade der Betrachtung des anorganisch Chemisch-Aggregativen im vorstehenden einen so breiten Raum widmeten.

§ 261. Andererseits ist es wohl nicht überflüssig, besonders scharf zu betonen, daß bei den soeben gepflogenen Betrachtungen ausdrücklich nach den elementarphysiologisch letzthin sinnlich-körperlich wahrnehmbaren Einzelleistungen gefragt worden war. Was in dieser Hinsicht durch und in den Leistungen geändert ist, betrifft chemisch-aggregative Kennzeichen. Über die Gesetzlichkeit der Änderung ist mit dieser Redewendung noch gar nichts ausgemacht oder ausgesagt.

Im besonderen sagt nicht etwa die sogenannte 'physiologische Chemie' in unserer Grundfrage irgend etwas aus; im günstigsten Falle lehrt sie die vor und nach einem physiologischen Geschehnis vorhandenen Stoffe, wohl gar in quantitativer Angabe, kennen, ebenso

Digitized by Google

wie die physikalische Physiologie eintretende und austretende Energiearten ermittelt: vom Grundgesetz der Wandlung ist hier überhaupt gar nicht die Rede, wenn es nicht, was leider zu oft geschieht, als prinzipiell anorganisch vorausgesetzt ward.

3. Entelechie und erster Energiesatz.

§ 262. Alle Einzelgeschehnisse an Organismen müssen sich dem Satz vom Kausalquantum, also dem aprioristischen Grundgefüge des ersten energetischen Hauptsatzes in irgendeiner Form fügen. Es ist gar nicht denkbar, daß sie sich ihm nicht fügen sollten, und wenn es irgendwo so scheinen sollte, als fügten sie sich ihm nicht, so wäre eben die Sachlage begrifflich so zu wenden, daß eine Geltung des Kausalquantensatzes herauskäme.

In diesem Sinne kann man also wohl mit Ostwald von einer neuen organischen 'Energieart' oder auch mehreren solchen 'Energiearten' für alle die Fälle reden, in denen wir Sondergesetzlichkeiten des Lebens bewiesen zu haben glauben:

Es geschieht in diesen Fällen etwas nach einer Gesetzlichkeit, nach welcher im Anorganischen nichts geschieht, und was geschieht, hat doch für jedes Veränderungsdifferential eine zureichende Differentialursache.

Dieser Satz ist die Vereinigung des ersten Hauptsatzes mit der Entelechielehre. Er klingt durchaus 'energetisch' und ist es auch, d. h. er ist eine sehr allgemeine, recht inhaltsleere Abstraktion, welche über das eigentliche Sonderkennzeichen des Lebendigen noch gar nichts aussagt. Nur über Quantitatives, ja sogar nur über Wahrung von Quantität wurde ja überhaupt, in ganz allgemeiner Form, etwas ausgesagt.

§ 263. In etwas spezifizierterer Form kann man nun aus dem ersten Energiesatz ein Inbeziehungtreten des organischen Geschehens zu den 'Energiearten' des Anorganischen herauslesen: solche 'Energiearten' sind in thermischer, chemischer und anderer Form stets an jedem Ort vorhanden. Wenn trotzdem Lebensprozesse nicht stets und an jedem Ort geschehen können, so zeigt sich eben wieder nur, wie außerordentlich geringfügige positive Einsicht der erste Hauptsatz vermittelt. Hat doch übrigens dieser Umstand schon im Anorganischen zur Aufstellung der andern 'Hauptsätze', die eigentlich gar nicht mehr von 'Energie' als solcher handeln, geführt, und auch diese

Digitized by Google

'energetischen' Ergänzungen haben, wie wir erkannten, nur sehr Geringfügiges des Tatsächlichen zu decken vermocht.

Organische Energie wäre also eine 'Energieart', über die alles Nähere und Bedeutsame gerade mit nicht-energetischen Begriffshilfsmitteln ermittelt wurde und werden wird. Als 'Energieart' bleibt sie ein durchaus leeres Schema, durchaus kein 'Ding' in irgendwelcher Deutung des Begriffs. Sie bleibt durchaus nur das Maß einer Beziehungsart; eine solche aber darf nicht verdinglicht werden.

§ 264. Der erste Energiesatz muß also im Bereich vitaler Sondergesetzlichkeiten gelten. Wo er verletzt scheint, ist allemal die Sachlage so zu wenden, daß doch seine Geltung herauskommt. Das geht immer. Man hat das Kausalschema einfach mit erdachten 'potentiellen', 'verborgenen', 'imaginären', oder wie man es zu nennen beliebt, 'Energiearten' zu füllen, für die natürlich in keinem Fall ein Einheitsmaß angegeben werden kann, sondern deren Quantitätswert höchstens in ganz allgemeiner, unbestimmter Form aus ihrer Beziehung zu irgendwie meßbaren anorganischen Energiegrößen bestimmbar ist. War man doch im Anorganischen schon oft nicht viel anders vorgegangen, zumal im Chemischen und in allem 'Potentiellen' überhaupt.

Mußte schon hier ein 'Quantum' gewahrt bleiben, damit eben das denknotwendige Schema gewahrt sei, so wird erst recht im Vitalen das als Quantum 'Gewahrte' zu der bloßen Maßbestimmung für eine bestimmte Veränderungsbeziehungsart, durch die lediglich ausgesagt wird, daß mittels ihrer höchstens so und so viel an Wirkung, aber nicht mehr, erzielt werden könne.

Am besten aber tut man vielleicht, wenn man auf den Begriff der 'Energieart' hier überhaupt verzichtet, wenn man die im ersten Energiesatz enthaltene prinzipielle Maßaussage stets im Auge behält, dabei aber das Hauptaugenmerk auf dasjenige richtet, was die Sonderkennzeichen des Wirklichen tatsächlich ausmacht; einstweilen mögen wir das 'Faktoren' der Energie nennen. In vertieftem Sinne wird von uns alsbald auf die Frage nach der 'organischen Energieart' zurückzukommen sein.

4. Entelechie und wahrer zweiter Energiesatz in allgemeinster Form.

§ 265. Wollen wir den wahren zweiten Hauptsatz der Energetik zum letzten vitalen Einzelgeschehen in Beziehung bringen, so haben wir es bereits mit den sogenannten 'Faktoren' zu tun.

Digitized by Google

Ohne weiteres als denknotwendig erschien uns der zweite Hauptsatz erstens als 'Satz von den Differenzen': als solcher bedarf er für das Biologische keiner Erläuterung. Autonomes Vitalgeschehen kann gerade so wie anorganisches Geschehen nur vor sich gehen, wo nicht an allen Raumorten absolute Gleichheit herrscht. Wo das doch einmal der Fall zu sein scheint, ohne daß Geschehen ausbleibt, ist eben die Sachlage so zu wenden, daß auf irgendeine Weise Ungleichheit als Grundbedingung erscheint. Das muß immer angehen.

Der zweite Teil des wahren zweiten Hauptsatzes erscheint, wenn höhere Intensität als höhere Wirkungsfähigkeit, als höherer Kausalwert definiert wird, ebenfalls als denknotwendig.

Für vitales Elementargeschehen würde sich also ergeben, daß auch es jedenfalls nicht von der niedersten im System vorhandenen Intensität aus beginnen könne.

§ 266. Was ist nun hier 'Intensität'?

Daß solche nur post factum erkennbar sei, war schon ein für das Deduktionsbedürfnis recht störender Umstand an vielen Stellen des Anorganischen, z. B. gerade im Chemischen und Aggregativen, das uns hier ja vorwiegend angeht.

Setzen wir einmal das durch die chemisch-aggregative Forschung im Anorganischen gewonnene Faktenmaterial über 'Intensitäten' als bekannt voraus und spezifizieren wir unsere Vorstellungen gleichzeitig ein wenig:

Wir haben da meinetwegen ein harmonisch-äquipotentielles System mit zwei deutlich ausgeprägten Polen, für welches Vitalautonomie durch Ausschluß anderer Denkmöglichkeiten nachgewiesen ist. Das System besteht aus sehr vielen 'Elementen' gleicher Art, jedes Element selbst aber ist zusammengesetzt aus sehr vielen chemisch und aggregativ verschiedenen Bestandteilen, wobei wir voraussetzen wollen, daß jedes Bestandteils chemisch-aggregative Natur klar bekannt sei.

Wie müßte nun irgendeine Differenzierungsveränderung an unserem System vor sich gehen, damit der Satz vom Geschehen zur niederen Intensität hin gewahrt bleibe?

Dieser Satz bleibt offenbar dann prinzipiell gewahrt, wenn nur das genannte Differenzierungsgeschehen nicht gerade von demjenigen elementaren Bestandteil ausgeht, welcher das niedrigste Potential innerhalb des für das Geschehen überhaupt in Betracht kommenden Bezirkes besitzt.

Definieren wir Potentialintensität geradezu mit Kausalwertintensität, so würde also nach unserem Satz nur gefordert werden, daß nicht

Digitized by Google

von dem Bestandteil relativ geringster, also, realiter genommen, keiner Wirkungsfähigkeit Wirkung ausginge. In diesem Sinne wäre das selbstverständlich.

§ 267. Liegt also auch in dem Aufeinanderwirken der Teile unseres Systems Sondergesetzlichkeit und keine chemische Gesetzlichkeit vor, dürfen wir also auch sagen, daß ein 'Agens' hier mit den gegebenen anorganischen Bestandteilen wirke, so liegt doch kein Grund vor, deshalb eine Verletzbarkeit des wahren zweiten Hauptsatzes, auch soweit sein zweiter Bestandteil in Betracht kommt, zuzulassen.

Gibt es doch auch kein einziges Faktum, welches zu der Annahme zwänge, daß Geschehen von niederster Intensität aus selbst im Vitalen begönne; denn es sind ja immer Intensitäten des verschiedensten Grades vorhanden, und wir wissen über den wirklich ersten Prozeß etwa bei Regulationsleistungen gar nichts.

Wenn aber ein den zweiten Satz scheinbar verletzendes Faktum einst gefunden würde — dann eben würden wir sagen müssen, daß gerade dieses Faktum gezeigt habe, daß wir uns vorher über die Intensitätsverteilung im System geirrt hätten. So wenigstens wird der urteilen müssen, dem der ganze wahre zweite Hauptsatz für denknotwendig gilt.

5. Entelechie und 'Zerstreuung'.

§ 268. Wir gehen nun zunächst zur Prüfung der Beziehungen der Entelechielehre zum dritten Hauptsatz der 'Energetik', zum empirischen Satze von der Zerstreuung, von der Nichtwiedererreichung des ursprünglich höchsten Potentials, über, uns vorbehaltend, in weit bedeutsamerer Hinsicht wieder auf den wahren zweiten Hauptsatz zuzückzukommen.

'Was aus Erfahrung stammt, kann durch Erfahrung wieder vernichtet werden' (Hertz)[1]).

Der wahre dritte Hauptsatz, ein logischer Bestandteil des üblichen 'zweiten', ist ganz vorwiegend auf thermodynamischem Boden erwachsen. Ursprünglich gipfelte er, wie wir erkannten, implizite und gleichsam verborgen in einer Aussage über den logisch wenig analysierten Entropiebegriff. Man hat ihn allmählich von diesem Begriff, mit dessen Hilfe man nur eine analytische Folgerung aus ihm

1) Mechanik, Vorrede. S. Vorred. u. Einl. klass. Mech., p. 131.

Digitized by Google

ausdrückt, befreit, nachdem man sich lange eigentlich nur um eben diesen rechnerischen Begriff gekümmert hatte.

Die verschiedenen Formulierungen des Zerstreuungssatzes sind erschöpfend oben (p. 83—85) erörtert; auf etwas Empirisches kommen sie alle, sei es in thermodynamischer oder in anderer Fassung, hinaus, und zwar auf etwas Kollektiv-Empirisches: es 'gibt' kein anorganisches Geschehen ohne Zerstreuung; meist, aber nicht immer, ist Wärme der miterzeugte Nebenfaktor.

Wie steht es nun mit der Zerstreuung im Vitalen? Gibt es hier Fälle, wo einem Potentialfall an einer Stelle ein ebenso hoher Potentialanstieg an einer andern Stelle entspricht, so daß also ohne sogenannte 'Arbeitsleistung' von außen, d. h., allgemein gesprochen, ohne einen Potentialfall außerhalb des Systems das System seine ursprünglich höchste Intensität äquivalent bewahrt?

Wir wissen nicht, ob es solche Fälle gibt, und wir haben zur Zeit kein Mittel, das zu entscheiden. Denkmöglich wäre es ebensogut, wie das Gegenteil.

Die Frage, ob der dritte Hauptsatz im Bereich des Lebenden gewahrt bleibt, ist also eben wegen der kollektiv-empirischen Bedeutung dieses Satzes gar nicht von so sehr großer Wichtigkeit.

§ 269. Aber wenn er nicht gewahrt bliebe, wäre dann nicht eben hierdurch 'das Leben' in ganz vorzüglicher Weise dem Anorganischen gegenüber gesondert gekennzeichnet? Wäre dann nicht endlich geleistet, was wir anstreben, nämlich eine Sonderkennzeichnung der vitalen Elementarvorgänge? Haben nicht Maxwell und Helmholtz eben an diese Art Kennzeichnung gedacht?

Wir müssen hier erwidern, daß wir die Kennzeichnung des Lebenden durch Verletzung des dritten Energiesatzes nicht für etwas so sehr Wesentliches halten würden: diese Kennzeichnung würde nämlich zum Wesentlichen der Autonomie des Lebendigen nur in sehr losen Beziehungen stehen.

Maxwell aber dachte überhaupt nicht an unsern dritten, sondern an unsern wahren zweiten Satz. Wir haben erörtert, daß wir diesen Satz nicht in dem Sinne, wie Maxwell wollte, für verletztbar halten, wir erörterten auch früher (p. 103 f.), daß Maxwell ihn nur wegen seines fiktiven Schematismus für verletzlich halten konnte.

§ 270. So gelten denn also die beiden ersten Hauptsätze der Energetik auch für das vital Autonome und ist der dritte hier wenig bedeutungsvoll?

Digitized by Google

Was soll denn unsere ganze, so bedeutsam angekündigte Kontrastierung von Energetik und Entelechie? Ist sie etwa gar schon beendet; beendet mit einem so armseligen Resultat?

Versuchen wir es einmal, den Energiesätzen noch eine andere logische Seite abzugewinnen.

6. Die Rolle der Katalyse im Organischen. Klärung des Grundproblems.

§ 271. Das Studium der Katalyse steht seit geraumer Zeit bekanntlich im Vordergrund chemisch-biologischen Interesses. Wir haben an früherer Stelle bereits die Aufmerksamkeit auf einige der hier gewonnenen allgemeinen Ergebnisse gelenkt.

Katalysatoren können Reaktionen positiv oder negativ beschleunigen, sie können dieselben aber auch ermöglichen. Nach unserer Auffassung in beiden Fällen, sicherlich im letzten Fall, ist eine auch 'energetisch' zu fassende Beteiligung der katalysierenden Substanzen am Geschehensgetriebe anzunehmen. Wir erörterten am Schlusse unserer Betrachtung, daß es uns logisch nicht unzulässig erscheine, eine dauernde Restituierung, also praktisch eine Wahrung, der maßgebenden Intensität des Katalysators anzunehmen, indem höhere, zu einem Ersatz der etwa abgegebenen brauchbare Intensitäten anderer Form praktisch immer vorhanden seien.

Alle Aussagen über Katalyse berühren bereits eine sehr wichtige logische Seite der Energiesätze; ehe wir aber hier weitergehen, wollen wir in die mögliche Rolle des Katalytischen im Bereich des Lebens einen Einblick gewinnen:

Wenn man manchen neueren Physiologen glauben wollte[1]), müßte man fast bei jeder einzelnen und einzelnsten organischen Leistung ein gesondertes, isolierbares 'Ferment' am Werke sehen. Schade nur, daß man meist von diesen Fermenten nur den 'Namen' kennt. Im übrigen ist hier jedenfalls sehr vieles höchst Wertvolle zutage gefördert worden, und gehen uns Streitfragen im einzelnen nichts an; es gibt jedenfalls analysierende und, wenn schon in beschränkterem Umfange, auch synthetisierende Fermente.

§ 272. Wichtiger ist für uns eine Prüfung des eigentlichen Charakters der mit fermentativer Hilfe geschehenden Lebenseinzel-

1) Starke, vielleicht zu starke Bedenken äußert hier freilich Neumeister: Betr. üb. d. Wesen d. Lebensersch., p. 75—91.

Digitized by Google

phänomene. Wir nannten deren Charakter oben chemisch-aggregativ. Stimmt das angesichts der Katalysatorentheorie?

Wir müssen uns hier zunächst klarmachen, daß die eigentliche Leistung eines beliebigen abgeschiedenen Fermentes keine Lebensleistung mehr ist, und auch die 'Aktivierung' eines abgeschiedenen 'Protofermentes' durch ein anderes abgeschiedenes Protoferment ist keine Lebensleistung. Lebensleistungen liegen nur in der Bildung der Fermente oder des 'Protofermentes' vor, und natürlich erst recht, wenn 'das Lebende' selbst ohne Hilfe abgeschiedener Fermente, gleichsam selbst als (analytisches oder synthetisches) Ferment sonst absolut oder praktisch nicht geschehende Umsatzvorgänge ermöglicht, oder beschleunigt, oder gleichsam selbst als Protoferment abgeschiedene Protofermente aktiviert.

Soweit also wahre isolierbare Fermente in Frage kommen, liegt nur in deren Bildung das eigentlich Vitale. Diese Bildung ist aber offenbar ein Prozeß mit chemischem Ergebnis. Ja auch 'Aktivierung' von 'Protofermenten' zu Fermenten, die nicht durch abgeschiedene Protofermente erfolgt, muß als Prozeß mit chemischem Resultat im weitesten Sinne bezeichnet werden; denn, wenn ein Stoff mit einem Male ganz andere Wirkungen zeitigt, als vorher, dann 'ist' er eben ein 'anderer Stoff'. Wollte man aber alle Fermentbildung selbst wieder als Effekt von Fermenten deuten, so käme man bei weiterem Verfolg dieses Gedankens in einen offenbaren Zirkel oder in einen Schluß ohne Ende.

Einmal spielte sicherlich 'das Lebende', um recht indifferent zu reden, seine Rolle: es sind eben 'chemisch-aggregative' Wandlungen in unserem Sinne geschehen. Nach der Gesetzlichkeit dieser Wandlungen fragen wir hier; die unmittelbaren Fermentleistungen sind uns höchstens ein Indizium für das Statthaben oder vielmehr Stattgehabthaben solcher Vorgänge, aber sie sind uns nicht selbst Objekt der Untersuchung.

§ 273. Auf die Grundfrage: welche Rolle spielt 'das Lebende' bei chemisch-aggregativen Änderungen im Organismus? reduziert sich also auch die Analyse der katalytischen Wirkungen.

Anders gewandt fragen wir: in welchem Sinne verhält sich 'das Lebende' etwa selbst als Katalysator, und was heißt das? Oder auch, am unzweideutigsten: nach welchem Gesetz geschehen die chemisch-aggregativen Änderungen im Organismus, einschließlich der Fermentbildung und Fermentaktivierung?

Digitized by Google

7. Das geklärte Grundproblem.

§ 274. Bis jetzt haben wir nur unsere Fragestellung geklärt und Scheinprobleme aus ihr eliminiert.

Nunmehr kehren wir zu unserem Hauptproblem zurück und fragen, ob wir dem Verhältnis der Entelechielehre zu den Energiesätzen nicht eine neue Seite abgewinnen können.

Denken wir einführend einmal an einfachste organische Regulationsfälle, an solche Fälle, aus denen meines Erachtens nicht ohne weiteres ein 'Beweis', sondern höchstens ein 'Indizium' der Lebensautonomie gewinnbar ist: die Antitoxinbildung gehört etwa hierher, ferner eine gewisse von Nathansohn (Zusatz 37) entdeckte Änderung der Durchlässigkeit der Plasmahaut unter künstlich gesetzten Umständen, Erhöhung des Turgors durch Produktion osmotisch wirkender Stoffe und anderes.

Hier sind im Organismus Prozesse 'chemisch-aggregativer' Art eingetreten, welche nicht eingetreten wären, wenn nicht eine ganz bestimmte Art von Veränderung mit dem Organismus vorgenommen wäre, und zwar eine Veränderung, welche sich als Störung des normalen funktionellen Verhaltens kundgibt. Die eingeleiteten Vorgänge, oder vielmehr der eingeleitete Vorgang dient an und für sich und durch seine Konsequenzen dazu, das normale funktionelle Verhalten wieder zu sichern.

Wie fügt sich der eingeleitete Vorgang den Energiesätzen? Daß er keinen offenbar zu verletzen braucht, haben wir schon eingesehen. Ist aber über die Notwendigkeit, nicht nur über die Möglichkeit seines Eintritts aus der Summe der Erfahrungen über anorganische chemisch-aggregative Prozesse hinreichend zu urteilen? Bei Änderung von Durchlässigkeit oder Turgor möchte, bei Gegebensein gewisser maschineller Vorrichtungen, selbst das wohl sogar möglich sein; der Fakten sind hier für eine definitive Entscheidung noch gar zu wenige. Bei der Antitoxin- oder Präzipitinbildung liegt alles noch zu dunkel, um ein Urteil zu fällen. Doch wir haben durch diese Beispiele überhaupt nur die Fragestellung erläutern wollen:

§ 275. Fragen wir uns also doch lieber gleich nach dem Charakter der Einzelleistungen bei der Differenzierung harmonisch-äquipotentieller Systeme, wie wir sie oben schilderten.

Wenn auch hier nichts im Wege liegt, daß die drei Hauptsätze, oder doch wenigstens die beiden ersten, gewahrt bleiben, worin liegt

Digitized by Google

dann das Sondernde der hier geschehenden Vorgänge, das uns zwang, sie aus der Reihe der anorganischen zu streichen?

Was liegt hier vor, das in den von uns am Ende von Abschnitt E zusammengefaßten allgemeinsten (schematischen) Ergebnissen der chemisch-aggregativen Forschung noch nicht gegeben ist, und das doch zugleich in den eigentlichen Realitäten des chemisch-aggregativen Geschehens nicht vorliegt?

§ 276. Zunächst müssen wir wieder betonen, daß ein Operieren mit hypothetischen 'Fermenten' auch hier nicht etwa allleistend ist. Gewiß mögen Fermente vom 'Lebenden' hier regulatorisch gebildet und verwendet werden. Aber in ihrer Bildung liegt eben das Rätsel, und zwei Punkte erscheinen gerade hier ganz besonders ausgeschlossen: einmal können nicht etwa alle vielleicht verwendeten Fermente präexistierend sein; wären sie es nämlich, so bedürften sie zum mindesten der regulatorischen 'Aktivierung' oder 'Hemmung', und solche kommt, wie wir einsahen, selbst auf 'Bildung', also auf 'chemisch-aggregatives Einzelgeschehen' hinaus. Zum andern erscheint gerade hier die engherzige Beschleunigungstheorie absurd: daß jedes einzelne an jedem Element geschehen kann, ist ja gerade das Kennzeichen harmonisch-äquipotentieller Systeme! Da müßten ja die verschiedensten einander widersprechenden Vorgänge sich fortdauernd an demselben Element 'von selbst' abspielen, sollte es nur Beschleunigung durch Katalysatoren geben können!

§ 277. Wir sehen also in dem Geschehen an harmonisch-äquipotentiellen Systemen das Problem des chemisch-aggregativen Einzelgeschehens an Organismen in voller Klarheit vor uns. Was geschieht hier, abweichend vom speziellen Anorganischen, und doch in Harmonie mit den allgemeinsten Aussagen über Geschehen überhaupt? so können wir uns also in voller Klarheit fragen.

Wir werden nun zunächst klar zu zeigen versuchen, daß die Energiesätze nur notwendige Kennzeichen von Geschehen, aber nicht von Geschehenseintritt ausdrücken, sodann werden wir Folgerungen dieser Einsicht auf unser Grundproblem ziehen können.

8. Vom Begriff der 'Kompensation'.

a. Ein weiterer Schritt in der Fragestellung.

§ 278. Alle drei Energiesätze machen Aussagen über die Charakteristik wirklichen und möglichen Geschehens: wenn irgendwie

Digitized by Google

und irgendwo etwas in der Natur geschieht, so wird das Kausalquantum gewahrt, so ging das Geschehen von Differenzen, und zwar von der relativ höchsten Differentialintensität aus, so wird das absolut höchste Potentialniveau wegen statthabender 'Zerstreuung' nicht wieder erreicht.

Darüber, daß etwas geschehen müsse, wird hier noch gar nichts ausgesagt.

Man hat nun zwar in den Wissenschaften vom Anorganischen das Bedürfnis gefühlt, hier etwas zu sagen, und so ist denn durch Helms und Ostwalds Gedankenarbeit jener früher von uns erörterte Satz vom Gleichgewicht und vom 'Geschehen' erstanden: Unkompensierte Intensitätsgrößen müssen vorhanden sein, damit etwas geschieht.

§ 279. Wenn wir uns diesen oben mehr historisch von uns behandelten Satz etwas näher ansehen, so muß auffallen, daß er im Grunde nur ein Tautologie ausdrückt. Jedenfalls operiert er nur mit zwei durch Definition gegenseitig limitierten Begriffen und nützt für eine wirkliche Vertiefung von Natureinsicht oder gar Voraussage von Naturgeschehen, ohne daß rein empirische Kenntnis dazukommt, gar nichts. Eben wegen dieser seiner unbegrenzten Weite ist jener Ausspruch gar kein eigentlich naturwissenschaftlicher Lehrsatz.

Wann ist denn 'Kompensation' da? Dann, wenn nichts geschieht. Nur so ist das 'Kompensiertsein' definiert: meinetwegen als 'Geschehensunmöglichkeit'.

Also: Damit etwas geschieht, müssen Geschehensunmöglichkeiten zum Teil aufgehoben sein.

Das ist ganz gewiß richtig.

§ 280. Nun weiß die Wissenschaft vom Anorganischen einiges über wirkliche 'Kompensationen' zwischen verschiedenen 'Energiearten'. Das ist aber eben alles empirisch gewonnen; es kann empirisch eingeschränkt oder erweitert werden.

Hier mag nun auch der geeignete Ort sein, um den Leser darüber aufzuklären, warum wir in diesem Buche das Chemisch-Aggregative so besonders breit, breiter als es für allgemeine wissenschaftstheoretische Zwecke nötig gewesen wäre, behandelt haben: eben dieses wollten wir recht deutlich und anschaulich machen, daß des Allerallgemeinsten, des für alles Wirkliche Zwingenden nur ganz weniges auch in diesem, wie in allen Wissensgebieten des Anorganischen, anzutreffen, daß vielmehr alles hier eigentlich sachlich Wichtige empirisch, also einschränkbar aufgefunden worden sei, und daß daher an und für

Digitized by Google

sich Chemisch-Aggregatives für Biologisches noch so gut wie nichts ausmacht.

Gehen wir nunmehr auf den Begriff des 'Kompensiertseins' näher ein, so handelt es sich bei allem Nichtkompensierten, also bei den zum Geschehen notwendigen Vorbedingungen, populär gesprochen, um das 'Überwinden' eines Naturagens durch ein anderes. Wenn z. B. leichte Körperchen durch eine geriebene Siegellackstange veranlaßt werden, sich der Schwerkraftsrichtung entgegengesetzt zu bewegen, so ist hier eben die Schwerkraft 'überwunden', ein Verhalten, das natürlich nicht etwa den Begriff des Widerspruchs einschließt: das elektrische Potential ist in diesem Fall intensiver als das Gravitationspotential, von einem gewissen Intensitätspunkt des ersteren an ist die 'Kompensation' aufgehoben, und nun 'geschieht' etwas.

Ebenso können etwa Löslichkeitspotentiale chemische Potentiale 'überwinden', und so fort.

Hier entscheidet nur die Erfahrung; möglich ist hier alles, auch lassen sich, wie dargelegt, durch entsprechende Formulierung der Sachlage stets die energetischen Sätze, vor allem der wichtige wahre zweite, halten.

Wie sollte es auch anders sein! Falls verschiedene Energiearten in Frage kommen, heißt eben diejenige Intensität die äquivalent höchste, von welcher das Geschehen anhebt, welche 'überwindet'. Da muß denn natürlich das Geschehen von der höchsten Intensität anheben.

Über die Bedingungen des Eintritts wirklichen Geschehens läßt sich aber allgemein vor der Erfahrung gar nichts angeben, sondern der Begriff des 'Kompensiertseins', an dem hier alles hängt, erhält nur durch Erfahrung einen realen Inhalt; vor ihr ist er ein durchaus leeres Schema.

§ 281. Und nun übertragen wir unsere letzthin gewonnenen Erfahrungen auf die vitalen autonomen Vorgänge:

Man weiß, daß es sich um letzte, elementare Geschehnisse: um diesen Vorgang hier an diesem Ort in diesem Fall handeln soll; die Frage lautet:

Ist 'dieser' Vorgang, dessen Anfang und Ende uns sinnlich-körperlich als chemisch-aggregativer Zustand gegeben ist, ein Vorgang, wie man ihn aus dem Anorganischen kennt oder nicht?

Da schon erkannt wurde, daß die denknotwendigen, wenn nicht alle drei, Energiesätze für ihn gelten, kann diese Frage nur lauten: Kommen für 'diesen' Vorgang nur solche Kompensations-

Digitized by Google

arten in Frage, wie sie auch für anorganische Vorgänge in Frage kommen? Anders gesagt: Genügt die Gesamtheit der auf anorganischem Gebiet über Kompensationen gewonnenen Erfahrungen, um die Gesetzlichkeit dieses Vorgangs zu fassen, um ihn vorauszusagen?

Im Begriff der Entelechie, die einem 'System' zugesprochen wurde, wird nun schon ausgedrückt, daß jene Erfahrungsgesamtheit nicht zum Verständnis oder zur Voraussage genügt, und zwar genügt sie unter anderem schon allein deshalb nicht, weil eben auf Grund ihrer allein der zureichende Grund für das trotz beliebiger Größenwahl des Ganzen des Systems proportional-harmonische, typisch-spezifisch zusammengesetzte Endziel fehlt.

b. Vitale Kompensationen.

§ 282. Wichtig wird hier nun unsere Einsicht, daß, wenn das im Anorganischen gewonnene Erfahrungsgebäude zur Bewältigung der vitalen Erscheinungen nicht genügt, nur die Frage nach den 'Kompensationen' in Betracht kommen kann. Es wird im Vitalen etwas durch etwas Anderes, Neues 'überwunden', wie das schon innerhalb des Anorganischen selbst in mannigfachen Abstufungen der Fall war.

Wie Körper sich in der Nähe einer Elektrisiermaschine anders verhalten als von ihr entfernt, so verhalten sich gewisse Körper (Stoffbezirke) in gewissen Fällen auch anders als sonst, wenn sie integrierende Teile eines Organismus sind.

Den einzelnen integrierenden Teilen als solchen inhäriert hier nicht etwa ihr neugesetzliches Verhalten als eigentliche 'Eigenschaft', ebensowenig wie dem Kohlenstoff oder Wasserstoff als Eigenschaft alles das unmittelbar inhäriert, was erscheint, wenn wir irgendeine der unzähligen Kohlenstoff- oder Wasserstoffverbindungen vor uns haben.

Im Organismus steht der integrierende Teil, wenigstens in gewissen Fällen, unter einem Einfluß, welcher als Kompensation gegen sonst vorhandene unkompensierte Intensitätsdifferenzen, äquivalent verrechnet, wirkt, vielleicht auch sonst vorhandenen Intensitätsausgleich im Sinn eines Nichtkompensiertseins stören, 'überwinden' kann.

Etwas ganz Neues, im Anorganischen noch nie Dagewesenes bietet diese ganze Sachlage an und für sich nicht. Neu ist nur die Art

Digitized by Google

des Eingriffs der Entelechie in Kompensations- und Nichtkompensationsgetriebe.

§ 283. Wir wissen über die Einzeläußerungen der Entelechie nichts zur Zeit, aber so viel eben kann allgemein ausgesprochen werden, daß eine 'Kompensation', d. h. eine Ausgleichshemmung bestehender Potentialdifferenzen chemisch-aggregativer Art zum Wesentlichsten ihrer Einzelleistungen gehören muß. Hört solche Hemmung auf, so geschieht eben etwas, und sie hört dann auf, wenn die Eigenart der Entelechie es infolge von Störungen mit sich bringt. Weiter läßt sich über die Bedingungen des Aufhörens der Hemmung darum nichts sagen, weil die intensive Mannigfaltigkeit der Entelechie etwas Letztes, Naturgegebenes ist.

c. Erklärung der Beschränkung des Regulativen.

§ 284. Darin, daß das Charakteristische vitalen Geschehens sich im Gebiet des Kompensierens und Nichtkompensierens abspielt, ist zugleich der zureichende Grund für alles das gegeben, was früher als Beschränkung von Regulationsfähigkeiten bezeichnet wurde. Das Kompensieren spielt sich in Beziehungen zu andern, zu anorganischen Energiearten ab. Durch diese letzteren ist ihm eine Grenze gesetzt und ist überhaupt gewissermaßen sein Rayon vorgeschrieben. Man denke hier daran, daß alle Übertragungen chemischer Energie an die Existenz von 'Kuppelungen' (Ostwald), also an die Existenz chemischer Gleichungen geknüpft ist (p. 133 u. 157), daß erfüllte 'Maschinenbedingungen' überhaupt für jede qualitative Energieübertragung notwendig sind. Es ist klar, daß das Gegenstück zur Beschränkung am Anorganischen, nämlich Heilung durch Anorganisches, etwa durch Medikamente, eine durchaus entsprechende Deutung zuläßt.

d. 'Entwicklung' und der zweite Hauptsatz.

§ 285. Es muß nun immer wieder betont werden, daß die Energiesätze durch unsere Wendung der vitalen Sachlage nicht irgendwie berührt werden, zumal nicht der wichtige wahre zweite Satz.

Wenn einer hier etwa bemerken wollte, Entwicklung jeder Form sei doch gerade das Gegenteil von Intensitätsausgleich, sie bedeute doch gerade die Schaffung von Differenzen, so muß dagegen bemerkt werden, daß der Entwicklungsausgang stets, auch bei harmonisch-äquipotentiellen Systemen, alles andere als ein wahrhaft homogenes

Digitized by Google

Gebilde ist, daß Entwicklung nur in örtlich typisch verteilender Hervorbildung solcher Differenzen besteht, die kraft der Inhomogeneität des Gegebenen, zusammen mit den Differenzen des Mediums, an jedem Ort hätte hervorgebracht werden können. Ein harmonisch-äquipotentielles System besteht zwar aus gleichen 'Elementen', aber diese Elemente, z. B. Zellen, können als in sich sehr zusammengesetzt, wenn schon nicht als auf die Entwicklung bezügliche typische 'Maschine', gedacht werden. Es ist daher nur eine angenäherte, gleichsam bildliche Ausdrucksweise, wenn jedem 'Raumdifferential' in unsern Systemen die Fähigkeit zu Jedem zugesprochen wird; die wirklichen Elemente, aus denen es besteht, sind Zusammengesetztheiten, die, in gewissem Sinne wenigstens, gewißlich geradezu extensive Mannigfaltigkeiten sind. Entwicklung macht die Gleichheit bezüglich der extensiv-mannigfaltigen Zusammengesetztheit zur Ungleichheit in bezug auf eben sie; das braucht ganz und gar nicht dem zweiten Hauptsatz zu widersprechen, ob es schon anorganisch unfaßbar ist.

§ 286. Übrigens ist es lehrreich, sich gegenwärtig zu halten, daß ein etwa sehr hoch erwärmtes Lösungsgemisch der verschiedensten Salze und Nichtelektrolyten doch auch ein, wenigstens physikalisch, 'homogenes' Gebilde darstellt, welches sich bei erfolgender Abkühlung eventuell zu einem physikalisch sehr inhomogenen vielphasigen Gebilde gestalten kann. Die Zufälligkeit der Anordnung der Inhomogeneitäten unterscheidet[1]) diesen Fall bekanntlich von Lebensdifferenzierungen.

§ 287. Auch wenn die Leistungen 'folgetypischer' Entelechien (s. o. p. 123), wenn also 'Handlungen' bleibende Kombinationen, also Artefakte, zum Ergebnis haben, läßt sich alles sehr wohl in Konformität zu den Denkschematismen der ersten beiden Energiesätze darstellen, und braucht nicht einmal der empirische Satz von der Zerstreuung verletzt zu werden: Es liegt da ein gleichförmig geordneter Haufen Ziegel, aus denen ein Arbeiter ein Häuschen baut; für die erste oberflächliche Betrachtung mag es so scheinen, als entstünden hier dem zweiten Satz entgegen Potentialdifferenzen in Gebilden gleicher Intensität; aber sie werden ja von außen her gesetzt. Im Arbeiter spielen sich alle elementaren Vitalleistungen ab, und da sind genügend gegebene Potentialdifferenzen vorhanden.

Gerade hier wird wohl passend der oben (p. 102 f.) eingehend erörterten Erwägungen Maxwells noch einmal gedacht: seine Wesen,

1) Organ. Regul., p. 170, Anm. 2.

Digitized by Google

welche das Loch in der Wand abwechselnd öffnen und schließen, wären eben 'Arbeiter'; alles, was mit den sich bewegenden 'Molekülen' geschieht, wird damit von außen reguliert! Die Frage nach Gültigkeit des zweiten Hauptsatzes wäre in bezug auf jene 'Wesen' oder 'Dämonen' zu stellen. Das haben wir, in anderer Form, getan; Maxwell tat das nicht, so daß man wohl sagen darf, von allen Bedenken in Hinsicht des Fiktiven und der sehr eng thermodynamischen Fassung des Ganzen abgesehen, daß er gerade den wesentlichen Punkt des vitalen Problems verfehlt habe.

c. Vom Begriff des vitalen 'Parameters'.

§ 288. Ehe wir nun noch einen Schritt weiter in der Analyse der Entelechieeinzelleistungen vorschreiten, wird es von Nutzen sein, alles bisher Ausgeführte einmal in einer Redeweise darzustellen, wie sie die sogenannte 'Phasenregel' anwendet.

Wir haben schon in einem früheren Kapitel (138 f.) kurz darauf hingewiesen, wie auch die 'Phasenlehre' nichts anderes als eine besondere, und zwar sehr allgemeine Form der vor aller Erfahrung bestehenden Einsichten über Kausalität und Abhängigkeit überhaupt sei.

Man reflektiert auf die Zahl derjenigen 'Bestandteile', d. h. allgemein, aber wohl für die hier vorliegenden Zwecke genügend deutlich gesprochen: 'Stoffarten', welche sich nicht wechselweise quantitativ bestimmen, diese nennt man mit Recht 'unabhängig'; man reflektiert weiter auf Druck und Temperatur, also auf zwei nicht als Substanzarten gegebene unabhängig Variable. Es ergibt sich ohne weiteres, daß dann höchstens $n+2$ homogene Gebilde gleichzeitig, ohne sich zu beeinflussen, existieren können, wenn n die Zahl der voneinander unabhängigen stofflichen Bestandteile ist.

Das nur zur Wiederauffrischung früher erörterter Dinge; zu gleichem Zweck auch nur sei wieder darauf hingewiesen, daß sich gerade aus mathematischen Darlegungen der Phasenlehre, z. B. bei Planck, bei Nernst, ihre aprioristische Natur unzweideutig ergibt.

Von Wichtigkeit für unsere Absichten erscheint hier, von dem Allgemeinen der Sachlage überhaupt abgesehen, nun vorwiegend zweierlei:

§ 289. Mit Absicht haben die Thermochemie und Thermodynamik nur zwei sogenannte 'Parameter' bei ihren Überlegungen ins Auge gefaßt und von allen Bedingungsfaktoren, die sonst etwa für den Zustand anorganischer Systeme maßgebend sein könnten, abgesehen: für jede weitere als maßgebend ins Auge gefaßte Bedingung würde

Digitized by Google

sich die Zahl der unabhängigen Bestandteile oder auch der äußeren Faktoren: also jedenfalls die Zahl der unabhängig Variabeln um 1 erhöhen, und entsprechend erhöhte sich natürlich die Zahl des höchstens koexistieren Könnenden; so zum Beispiel, wenn elektrische Ladungen oder etwa magnetische oder auch photische Wirkungen als 'wirkend', allgemein: als 'bestimmend' in Betracht gezogen werden.

§ 290. Das zweite für uns Wichtige ist die außerordentliche begriffliche Weite der vom Phasengesetz gedeckten Erscheinungen: der Begriff des eigentlich Chemischen ist in ihre Bedingungen, nicht aber in das Resultat, von dem sie redet, eingeschlossen. Das Resultat redet von physikalischen Individuen, so können wir bildlich sagen; es redet also von dem recht unmittelbar (obschon natürlich nicht durchaus unmittelbar) physiko-chemisch Wirklichen, in dem Sinne etwa, wie jüngst Wald diesen Begriff bei seinen Reformbestrebungen chemischer Wissenschaft gefaßt hat. Das, was stofflich als Einheit erscheint, ist eine Phase, also z. B. eine Lösung aus noch so vielen Bestandteilen, 'das Gas'[1]) usw. Wir sind hier auf den Wegen raffiniertesten Denkens gerade wieder zu recht ungezwungenen, gleichsam naiven und natürlichen Begriffen geführt worden.

Das Phasengesetz sagt also aus, wieviel physikalische Individuen bei gegebenen Bedingungen höchstens koexistieren können; anders gewandt macht es Aussagen darüber, über wieviel Bedingungen noch frei verfügbar ist, falls die höchst-mögliche Zahl des Koexistierenden noch nicht erreicht ist.

§ 291. Bedeutsam wird uns nun vor allem jener Gedanke von der beliebigen Vermehrbarkeit der Parameter: tritt ein neuer Parameter hinzu, so erhöht sich die Zahl der möglichen Systemteile, in Abhängigkeit von ihm, um 1.

Tritt also im Vitalen die Entelechie mitbestimmend in das Getriebe der anorganischen Agenzien ein, so darf es nicht irgendwie wundernehmen, wenn die Zahl des anorganisch Möglichen erhöht, wenn die Beschränktheit des anorganisch Zulässigen in gewissem Grad überwunden wird. Natürlich sind hier sogar nicht nur einer, sondern mehrere neue Parameter in Gedanken zulässig.

§ 292. Das Phasengesetz ist wesentlich ein Gleichgewichtsgesetz, es sagt höchstens über die Zahl des Geschehenkönnenden, aber nicht über Geschehenmüssen, ja, an und für sich nicht einmal

1) Es kann begreiflicherweise stets nur eine Gasphase in einem System geben.

Digitized by Google

über Ort und Richtung des Geschehenkönnens, etwas aus. Das ist ganz vorwiegend Sache der Empirie, da es vorwiegend an den empirischen 'Kompensations'-Tatsachen hängt.

Aus dem geschilderten Grunde deckt ein Operieren mit Potentialen, Kompensation usw. eine Theorie des Geschehens eigentlich besser als die Phasenlehre, trotz der großen Rolle, die auch da naturgemäß das Empirische spielt.

Aber es war doch wohl nützlich, das Schema der Phasenlehre, ein durchaus aprioristisches Schema, geschaffen für die Zahl des nebeneinander unbeeinflußt sein Könnenden, einmal auf die Lehre von der Autonomie des Lebendigen anzuwenden.

9. Zur näheren Kennzeichnung vitaler Kompensation und ihrer Aufhebung.

§ 293. Wir wenden uns jetzt, nachdem wir allgemein einsahen, daß Entelechie, bei völliger Wahrung der aprioristischen und sogar, wenn man wünscht, des dritten, des empirischen Energiesatzes, als neue Kompensationsbedingung, als neue Potentialhemmung, als neuer 'Parameter' zulässig ist, einer tieferen Untersuchung dieser ihrer Rolle im Geschehensgetriebe zu.

Wir betonten wiederholt, daß, wenn Entelechie zwischen einem früheren und einem späteren Zustand des chemisch-aggregativ Einzelmateriellen vermitteln soll, nach dem wahren zweiten Satz ein Potentialfall zur Einleitung und nach dem dritten Satze sogar ein nicht wieder erreichtes höchstes Potential bei Beendigung des ganzen Vorganges zu postulieren seien. Die Hemmung oder Nichthemmung dieser Potentiale besorgt die Entelechie.

a. Kompensation nach innen und nach außen.

§ 294. Es ist nun zunächst darauf hinzuweisen, daß der zur Einleitung vitalen Geschehens notwendige, von der Entelechie veranlaßte Potentialsturz sich sowohl auf irgendeine (äquivalent angesetzte) Potentialdifferenz innerhalb des Körpers, wie auch auf eine Potentialdifferenz in bezug auf Äußeres erstrecken kann.

Der letzte Umstand ist von besonderer Bedeutung deshalb, weil er die Garantie bietet, daß vitales Geschehen in außerordentlich weitem Maße stets seine Grundvorbedingung erfüllt findet: nicht nur, wie der erste Hauptsatz es fordert, Energie überhaupt, sondern auch

Digitized by Google

hohe und höchste Intensitäten stehen im Medium in allen möglichen Formen, besonders häufig in thermischer, chemischer oder 'strahlender' Modifikation[1]), ständig zur Verfügung. Ganz im allgemeinen gesprochen kann also die Entelechie niemals sozusagen in Verlegenheit kommen.

§ 295. Wenn trotzdem in vielen Fällen Beschränkungen der Regulationsfähigkeit bestehen, so beziehen sich diese, wie schon erwähnt, stets mehr auf das eigentlich als Spezifisches Gegebene, so z. B. bei chemischen Energiepotentialen wegen der 'Kuppelung', ja allgemein wegen aller Arten von 'Maschinenbedingungen' überhaupt, und mögen oft wohl auch aus Störungen dieses Gegebenen resultieren; wie ja denn durch gestörten Gehirnbau die Leistungen des Psychoids mindestens vorübergehend, wenn nicht dauernd gestört sind, und wie etwa Restitutionen nicht vor sich gehen, wenn man eine Spezifität wie die Atmung unmöglich macht.

b. Ausgleichungshemmung und Spannungsschaffen.

§ 296. In welcher 'energetischen' Weise sich die von der Entelechie geleistete 'Kompensation' im einzelnen zeigen kann, bedarf noch einiger ausführender Worte:

Ohne daß die energetischen Hauptsätze, zumal deren zweiter, verletzt werden, kann jedenfalls in Hemmung bestehender, sich sonst ausgleichender Potentialdifferenzen die kompensatorische Leistung des vitalen Agens bestehen. Geschieht etwas, so hört die Hemmung auf. Das Einzelgeschehen selbst würde hiernach gar nicht als die eigentliche Vitalleistung anzusprechen sein, das Nichtgeschehen vielmehr würde als solche erscheinen, wenn nicht eben darin, daß sich gerade jetzt und hier dieses unter den vielen möglichen Einzelgeschehnissen abspielt, der eigentlich vitale Faktor recht zur Geltung gelangte.

Das vitale Agens gibt seine Hemmungen typisch-spezifisch auf, wenn bei normaler Entwicklung oder nach Störungen oder bei Handlungen Typisch-Spezifisches erreicht werden soll.

---

1) Man denke hier an Pfeffers (Pflanzenphys., 2. Aufl., I) Begriffe der photosynthetischen und chemosynthetischen Assimilation. Bei letzterer geschehen chemische Potentialerhebungen im Organismus auf Kosten chemischer Potentialfälle nach außen hin; oft mag Entsprechendes lediglich im Organismus geschehen. — Das Studium von Pfeffers 'Studien zur Energetik der Pflanze' mag bei dieser Gelegenheit empfohlen sein (Abh. sächs. Ges. Wiss. Math.-phys. Kl., Bd. 18, 1892).

Digitized by Google

§ 297. Schon oben (p. 179) haben wir aber neben der Hemmung auch ein 'Überwinden', ein Stören vorhandenen Intensitätsausgleichs als mögliche kompensatorische Leistung von Entelechie bezeichnet, und in Widerspruch mit den Energiesätzen stünde das in der Tat auch nicht: es wäre, da es eine Potentialdifferenzschaffung bedeuten würde, freilich nur durch gleichzeitigen Potentialfall irgendwelcher Art realisierbar, und insofern käme es doch wieder auf Aufhebung einer Hemmung hinaus, nur daß die Spezifität der Lenkung der Hemmungsaufhebung zugunsten eines ganz bestimmten Potentialanstiegs als Neubetätigung hinzuträte. Hier ist es, wo die Frage nach der Gültigkeit des dritten, empirischen Energiesatzes aktuell werden könnte.

§ 298. Gehen wir einmal auf unsere Grundfragestellung in Hinsicht vitaler Einzelgeschehnisse zurück, so wollten wir wissen, welche Arten von Agenzien in jedem einzelnen Fall einer vitalen Einzelleistung beteiligt seien; daß jedesmal die zur Erreichung des realisierten Erfolgs notwendigen Agenzien in qualitativ und quantitativ typischem Ausmaß am Werk gewesen sein mußten, war ja klar: jetzt wissen wir also, daß zu den bei vitalen Einzelleistungen beteiligten Agenzien zwar sämtliche Arten anorganischer Potentiale und Kompensationsarten gehören können, daß aber außerdem neue, anorganisch nicht bekannte Kompensationsarten am Werk sind, welche sich gegen die anorganischen Agenzien, Kompensationen derselben aufhebend oder Kompensationsausgleiche unter ihnen hemmend, betätigen.

Wie in jedem spezifischen chemo-aggregativ kompensatorischen Faktum Neues gegen die übrige Gesamtheit des chemo-aggregativ Spezifischen dazukommt, so kommt jetzt zur Gesamtheit des Anorganischen neues Spezifisches dazu.

Im Naturspeziellen also liegt des Leblosen und des Lebenden Unterschied. — Wer unserer Kritik der 'Energetik' gefolgt ist, den kann das nicht verwundern.

c. Stellung zum Begriff 'Auslösung'.

§ 299. Wir haben bisher in unsern biologischen Darlegungen des Begriffs der 'Auslösung' nicht bedurft, es ist aber wohl nicht unangebracht, der Beziehung unserer Ansichten zu diesem an und für sich etwas unbestimmten Begriff einige Worte zu widmen, da häufig von Vitaltheoretikern auf ihn Bezug genommen ist. Ich er-

Digitized by Google

innere hier an oben diskutierte Erörterungen E. v. Hartmanns (s. o. p. 112); ich erinnere ferner daran, daß Psychologen, welche Gegner der parallelistischen Theorie waren, häufig die 'Seele' 'auslösend' in das Kausalgetriebe eingreifen ließen [1]).

Mit Recht scheint mir solche Ansicht von verschiedenen Autoren verworfen worden zu sein, wenigstens falls 'Auslösung' hier, wie bei der Katalyse etwa, die Beseitigung von Widerständen, also eine wenn auch nur geringfügige Potentialerhebung, zum Zwecke späteren spezifischen Potentialfalls, bedeuten soll und in diesem Sinn als 'erster' von der Entelechie geleisteter Vorgang betrachtet wird. Eine Leistung, wie die geschilderte, ist nämlich nur 'von außen her' möglich, wie ja denn der Katalysator in der Tat neu zum System dazukommt; solches aber trifft das Wesen der Entelechie nicht, und ihr als 'innerem' Parameter 'Auslösung' in dem geschilderten Sinne zuschreiben, würde in der Tat eine 'Verletzung' des zweiten Hauptsatzes — also Unlogisches [2]) bedeuten.

§ 300. Durch das vitale Agens, die Entelechie, wird ja eben nicht ein im System vorhanden gewesener 'Widerstand' von außen her aufgehoben, sondern dieses Agens ist als hemmendes oder typisch lokalisiert und richtend Hemmung aufhebendes integrierender Bestandteil des Systems selbst. Eine anorganisch von außen gesetzte Störung, also eine 'Änderung' des Systems, ändert gerade diesen vitalen Faktor in der Spezifität seiner Betätigung. Der Faktor ist ja eine intensive Mannigfaltigkeit. Dadurch, daß die Entelechie mitten in das Geschehen hineingestellt wurde, als 'Naturfaktor', rückwärts und vorwärts mit anorganischen Faktoren in kausalen Beziehungen, wird eine falsche Anwendung des 'Auslösungs'-Begriffs durchaus vermieden.

Das Anorganische wird, wie schon früher betont, durch den vitalen Faktor als 'Parameter' des Systems gleichsam aufgehoben, 'überwunden', derart, daß, wenn auch von der jeweiligen von außen gesetzten Änderung die Art dieser Überwindung abhängt, sie dieselbe doch nicht kraft ihrer zufälligen anorganischen Natur, sondern stets durch das Medium der Entelechie bestimmt. Das braucht mit 'Auslösung' im strengen Sinne des Wortes gar nichts zu tun zu haben.

Nicht anders in der Tat betätigt sich Entelechie am Geschehen,

---

1) Hierzu Zusatz 31.

2) Ich sage nicht: 'Falsches'.

Digitized by Google

nicht anders kompensiert sie fremde Agenzien und hemmt sie in ihrer Betätigung, als etwa elektrische Ladung gewisser Systemteile, selbst wie die Entelechie ein Bestandteil des kausalen Getriebes, andere Agenzien kompensiert, 'überwindet' und so das Geschehen in andere Bahnen lenkt, — freilich ist der elektrische Zustand keine intensive Mannigfaltigkeit und ist auch das Verhältnis zum 'Materiellen' hier wohl ein anderes; davon später.

10. Entscheidung der Frage nach vitaler 'Energie'.

§ 301. Nun sind wir denn wohl hinreichend vorbereitet, um nochmals, und zwar endgültig, die Frage nach der organischen 'Energieart' zu beantworten. An und für sich läge hier ein leeres Schema vor, erkannten wir. Die Natur der 'Faktoren' sei das Wesentliche, ja sei eigentlich alles.

Denken wir zunächst einmal daran, daß der Begriff 'Energieart' schon im Chemischen recht leer sich gestaltet, und daß es eigentlich ebenso viele chemische Energiearten wie chemische Umsetzungsarten gibt. In der Thermo- und Elektrochemie liegen immerhin Möglichkeiten vor von einem Energiequantum, wenn auch nur in relativem Sinne, wenigstens überhaupt zu reden. Aber das Wesentlichste der chemischen 'Energien' ist nichts 'Energetisches', sondern jene seltsame, als 'Affinität' bezeichnete Beziehung von Spezifischem mit Spezifischem auf Spezifisches. Alles 'Energetische' besagt hier nur, daß sich hier auch quantitative Aussagen über Ursächlichkeit, praktisch stets nur in kollektivistischer Form, machen lassen.

Könnte man Quantitatives über 'vitale Energien' aussagen? Erinnern wir uns, daß vitale Energien jedenfalls unter den Begriff potentieller und verborgener Energien fielen, daß sie, wie auch viele Energiearten des Anorganischen — alle 'Potentiale' nämlich —, nur in erweitertstem Sinne 'wirklich' sind, daß sie geschaffen wurden der Übersichtlichkeit und Erfaßbarkeit der Erscheinungen zuliebe. Daraus ergibt sich sogleich, daß die Frage nach dem Quantum hier jedenfalls nicht viel Ursprüngliches bedeuten würde: vitalen Energien würde und könnte nämlich immer gerade das 'Quantum' zugeschrieben werden, was der erste Energiesatz im Hinblick auf die vorangehenden und nachfolgenden Prozesse erfordert.

Das ist ja schon im Anorganischen oftmals so.

Muß doch überhaupt die Frage nach dem Energiequantum für

Digitized by Google

den an eigentlich naturrealer Bedeutung zurücktreten, der in der Energie kein 'Ding' irgendwelcher Art, sondern nur einen messenden Verknüpfungsbegriff sieht.

Von vitaler 'Energie' und ihrem Quantum reden besagt also, soweit der erste Energiesatz in Betracht kommt, nicht mehr, als daß der Satz vom Kausalquantum auch im Vitalen in dem Sinne gewahrt bleibe, daß eine Energiemenge meßbarer Form nach Passierung eines imaginären Stadiums wiederum in anderer meßbarer Form äquivalent erscheinen könne, und wegen des zweiten Satzes ist selbstredend solche Aussage nur von ideeller Geltung.

§ 302. Dieser zweite Satz nun verlangt Intensitätenstürze als Ausgang alles Geschehens; daß ihm genügt werden kann, insofern die meßbaren Intensitäten der bekannten Energiearten vor und nach dem Vitalakt in Frage kommen, haben wir allgemein schon oben (p. 169 f.) eingesehen. Welche Rolle würde die 'Intensität' der imaginären vitalen Energie dabei spielen? Offenbar wäre sie ebenso 'verborgen', wie die Energie selbst. Soll sie, dem energetischen Schema zuliebe, einmal eine Rolle in der Gesamtheit der Intensitätenänderungen bei vitalen Vorgängen spielen, so könnte diese unschwer derart gedacht werden, daß sie ein bloßer Durchgang sei, den jede den Organismus treffende Intensitätenänderung zu passieren habe, und von dem jede am Organismus geschehende Intensitätenänderung ausgehe, während durch den Durchgang selbst an den Intensitäten sich nichts ändere. Die 'Intensität' der 'vitalen Energie' würde nach dieser logisch durchaus zulässigen Wendung gewissermaßen immer erst geschaffen werden, falls ein Potentialfall das Lebende trifft, um sogleich wieder zu verschwinden; ebenso wie etwa 'strahlende Energie' und deren 'Intensität' an einem Strahlpunkt, wo nichts geschieht, kraft der Wirkung von einem der Strahlungsquelle nähergelegenen Punkte desselben Strahles her fortdauernd 'entsteht' und 'weitergegeben' wird.

§ 303. Man wird uns vorwerfen, daß wir hier leeres Stroh dreschen: das tun wir in der Tat. Aber unsere Schuld ist es nicht, sondern es geschieht in Konzession an den Zeitgeschmack, welcher ein überall zwar anwendbares, aber nur in gewissen Fällen etwas besagendes quantitatives Schema der Naturauffassung mit einem Naturgesetz inhaltreicher Art verwechselt.

Nichts als eine Ausfüll-, eine 'kompletierende' Energie, wie ich es nennen möchte, kann 'vitale Energie' sein, wenn man einmal von ihr reden will, wie es ja schon die 'strahlende Energie' in gleichem Maße,

Digitized by Google

wenn schon anderem Sinne, ist, und von den zugehörigen 'Intensitäten' gilt das gleiche.

Auch diese tiefer gehende Betrachtung hat uns also auf den nämlichen Punkt geführt, wie unsere früher gepflogene vorläufige: wenn wir uns nur des Nichtverletztwerdenkönnens der beiden ersten energetischen Hauptsätze stets erinnern, können wir auf eine 'vitale Energie' gern verzichten. Wir gewinnen gar nichts mit solchem Begriff.

Es gibt eben Naturfaktoren, welche das Energiegetriebe der Welt in seinen Quantitäten nicht stören, aber es lenken[1]), bei deren Äußerung gar nichts Eigen-Quantitatives in Betracht kommt. Waren doch alle Energieaussagen aus Kombination der Begriffe Kausalität und 'Quantität' überhaupt erst erwachsen (s. p. 45)! Folgt daraus vielleicht noch mehr, als wir hier aussprechen?

Mit einer tieferen Ergründung der Art, wie nun eigentlich unser neuer, der vitale 'Parameter', die vitale Kompensationsbedingung, die 'vitale Maschinenbedingung' — wenn man die Contradictio in adjecto im Wortlaut nicht scheut — sich in der Natur lenkend zeige, damit können wir Wesentlicheres gewinnen als mit energetischem Schematismus, und solcher tieferen Ergründung wollen wir uns denn noch am Beschlusse dieses Abschnittes zuwenden.

11. Der vitale Parameter als 'Agens' gedacht: Vitales und anorganische Agenzien.

§ 304. Wenn wir uns dessen erinnern, daß sich alle Zustände und Vorgänge in der Natur widerspruchslos mit Hilfe des Begriffs des 'Agens' darstellen lassen, so ist klar, daß unsere Entelechie selbst ein solches Agens sein, und daß sich ihr regulativ-kompensatorisches Verhalten auf ihre Beziehungen zu andern, zu anorganischen Agenzien beziehen muß. In der Tat ergibt sich das Erfülltsein dieses Postulates ohne weiteres daraus, daß der Begriff des 'Potentials', zu dem sie in so nahe reale Beziehungen tritt, ein unmittelbar für die Kennzeichnung des Verhaltens anorganischer 'Agenzien' geschaffener Begriff ist.

---

1) Wir untersuchen die Stellung der Entelechie zum Energiebegriff. Mit unserem Resultat ist natürlich gar nichts über die Frage ausgemacht, ob es nicht nebenbei im Organischen eigene Wirkungsweisen gäbe, deren quantitative Seite von erheblicher Bedeutung sein möchte, und die dabei vielleicht mit mehr Recht den Namen neuer 'Energiearten' verdienten.

Digitized by Google

a. Zentrierte und nicht zentrierte Agenzien.

§ 305. Als Agens nun unterscheidet sich, wie schon E. v. Hartmann richtig erkannte und seiner Vorstellungsweise entsprechend ausdrückte, die Entelechie dadurch vor allem von anorganischen Agenzien, daß sie nicht als von einem Zentrum ausgehende 'Kraft' irgendwie gedacht werden kann.

Alle eigentlich physikalischen Agenzien, auch das 'Materienagens', wie wir kurz das der materiellen Natur von Dingen zugrunde liegende Etwas bezeichnen können, sind 'Zentralkräfte'.

Die Kristallagenzien lassen sich auch wohl als Zentralkräfte auffassen, mit der Einschränkung, daß hier nicht nach allen Richtungen gleich gewirkt wird.

Beim Chemischen als solchem kommt der Begriff der Zentralkraft gar nicht in Frage: Chemische Umwandlung ist Wandlung der Eigenschaftskombination von Stoffen, welche Wandlung bekanntlich nicht nur additiv vor sich geht und auch eine Veränderung der spezifischen potentiellen Wirkungsbeziehungen zu andern chemischen Spezifitäten in sich begreift. Man sagt, daß zu chemischer Aktion 'Berührung' notwendig sei; bekanntlich ist der Begriff 'Berührung' selbst nicht einwandfrei klar. Jedenfalls sind sämtliche Teile der chemisch miteinander agierenden Stoffe gewissermaßen Sitz der chemischen Kräfte, so daß es überhaupt nicht viel Sinn hat, hier von 'Sitz' zu reden. Man vergleiche hierzu früher gepflogene Betrachtungen.

Auch bei der Entelechie nun hat die Frage nach ihrem 'Sitze' nicht irgendwie tiefere Bedeutung: Entelechie äußert sich als besonderer Parameter in Hemmung oder Hemmungsaufhebung von Potentialen natürlich immer dort, wo etwas Lebensautonomes geschieht. Dort 'sitzt' sie also, aber sie kann wohl an allen oder wenigstens an sehr vielen Teilen des lebenden Organismus 'sitzen'.

b. Entelechie und Materie.

§ 306. Wie die Entelechie sich zur 'Materie' stelle, ist die Frage, welche infolge gewohnheitsmäßiger Fragestellung die Naturforscher der Gegenwart wohl am meisten interessiert: uns, denen das Materielle ein 'Agens' ist, das sich zwar meist in den 'Dingen' zeigt, ihnen aber doch nicht irgendwie notwendig assoziiert erscheint, stellt sich diese Frage begreiflicherweise als nicht von so ganz besonderer, wenn schon immerhin als von großer Bedeutung dar.

Digitized by Google

Bis jetzt muß man, wenigstens wenn man, wie der Schreiber dieser Zeilen, den sogenannten spiritistischen Phänomenen skeptisch gegenübersteht, sagen, daß wir Entelechie nur als an 'Materiellem' sich äußernd kennen. Es wäre vermessen zu sagen, daß hier unsere Ansichten nicht einst eine bedeutende Wandlung erfahren könnten.

§ 307. Intensive, nicht extensive Mannigfaltigkeit ist Entelechie, sie selbst 'ist' nicht irgendwie 'ausgedehnt', sie äußert sich nur an Raumorten. Das ist keine Metaphysik.

Kräfte, im Sinne von Kraftstrahlen, 'sind' im Sinn erweiterter Wirklichkeit an bestimmten Raumorten, auch wenn sie sich nicht äußern; ebenso 'sind' Potentiale. Wir richten in der Tat unser Handeln nach diesem 'Sein' ein. Ob Entelechie in diesem — durchaus unmetaphysischen — Sinne 'ist', auch wenn sie nicht an Materiellem sich äußernd zur Erfahrung gelangt, wissen wir nicht. Die Frage bejahen hieße vielleicht, ein Gesetz von der Erhaltung der Entelechie, im besondern ein Gesetz von der individuellen Permanenz der Psychoide aufstellen; der Spiritismus behauptet solches. Es ist nicht ohne Bedeutung zu bemerken, daß der eigentliche Gedanke 'persönlicher Unsterblichkeit' als Bewußtseinsfortdauer hier logisch nicht in Frage kommt, denn alles hypothetisch Erörterte, auch das 'Spiritistische', würde ja der Natur als 'meinem' Bewußtseinsinhalt angehören, würde 'immanent' sein.

Doch wollen wir Betrachtungen verlassen, die fruchtbar zur Zeit nicht werden können, und wollen zum Schlusse versuchen, der Frage nach dem Verhältnis von Entelechie und Materie, ja von Entelechie und anorganischen Konstanten überhaupt noch eine neue Seite abzugewinnen.

c. Das 'Individuum'.

§ 308. Alle Wissenschaft vom Anorganischen handelt im letzten Grunde vom Austausch von Eigenschaften und nur davon. Zwischen welchen 'Körpern' der Austausch statthat, erscheint nebensächlich, da, wie im Eingang dieses Abschnittes dargelegt, die anorganischen Körper atypisch, ungesetzlich zusammengesetzte Körper sind, mit Ausnahme der Kristalle und ihrer Derivate[1]).

1) Festzustellen, was an Bütschlis und Rhumblers Sprungfiguren kristalloidisch ist und was hier von außen bedingt wird, wird Aufgabe künftiger begrifflicher Analyse dieser naturtheoretisch sehr wichtigen Gebilde sein. Vgl. Verh. nat. med. Verein Heidelberg 7, 1904, p. 653.

Digitized by Google

Die Begriffe des 'wissenschaftlichen Dinges' und des 'Stoffes' sind in diesem unbestimmten Sinne der Körperlichkeit zur Bewältigung des Studiums der Gesetze von Eigenschaftsaustausch geschaffen worden. Diese Gesetze selbst zeitigten in ihrer Entstehung die Begriffe Konstante, Kraft, Strahl, Agenspunkt, Energie, Potential usw.; ihr Schema war bis zu gewissem Grade bejahungsnotwendig festgelegt, als ein Schema; das Schema ward mit Inhalt gefüllt durch 'Erfahrung'.

Mit der Gesetzlichkeit der 'forma substantialis' des Körpers als solcher drängt sich nun, bereits in der Kristallographie, weit deutlicher aber im Biologischen, ein Begriff in den Vordergrund, den wir bisher nicht in die Erörterung gezogen haben: der Begriff des Individuums. Er ist ein kurzer Ausdruck für die Definition des gesetzlichen, einfachen oder zusammengesetzten Körpers, er ist zugleich der Inbegriff des mit dem Wort 'Entelechie' Ausgesagten.

Die 'Entelechie' ließe sich wohl geradezu als 'Individualitätskonstante' definieren; ihre Leistung als Parameter, in Potentialhemmungen und -aufhebungen, in Kompensationsleistungen also, bestehend, bringt das Charakteristische von Individualität zum Ausdruck.

§ 309. Soweit Kristalle, einfach-gesetzliche Körper, in Betracht kommen, ist das Individuelle nur ein Wort für die Bevorzugung bestimmter Richtungen vor andern.

Im Biologischen erscheint es bedeutungsvoller: die unmittelbar gegebenen, sinnfälligen 'Eigenschaften' der Teile, aus denen ein Lebenskörper 'heterogen gesetzlich-zusammengesetzt' ist, sind hier, wohl verstanden, von denselben Arten, wie an anorganischen atypischen Körpern; aber das empirische Gesetz ihres Austausches ist ein anderes, eben durch die Entelechie bestimmtes. Die Entelechie, die 'Individualität' also kommt als ganz besondere Art von erweitert-wirklichen 'Eigenschaften' zu den erweitert-wirklichen Eigenschaften der Teile hinzu; und zwar ist die Differenz des Grades zwischen den alten und den neuen Eigenschaftsklassen deshalb weiter als die Kluft zwischen physikalischen und chemischen Qualitäten, weil bei letzteren beiden der Begriff der gesetzlichen Form noch nicht in Frage steht.

d. Individuum und Substanz.

§ 310. Wir haben früher an zwei Stellen unserer Untersuchung wenig befriedigende Erörterungen über Begriff und 'Erhaltung' der 'Substanz' im Anorganischen geführt: 'Substanzen' waren uns in

Digitized by Google

letztem Sinne Agens- oder Kraftpunkte, über eine Erhaltung von Substanz wußten wir gar nichts auszusagen; der Begriff Masse durfte hier nicht als logisch, sondern nur als empirisch wesentlich in Frage kommen.

Erscheint nun vielleicht der Begriff Substanz in tieferer Bedeutung als im Anorganischen auf 'Individuen', zur Kennzeichnung von deren Entelechie, anwendbar? Im Anorganischen war der Umstand, welcher dessen Substanzbegriff eigentlich tieferen Sinn raubte, vornehmlich dieser, daß im Sinne des unmetaphysisch allein zulässigen qualitativ-dynamischen Atomismus nicht einmal Substanzpunkte ihre 'Individualität', wie wir jetzt sagen können, wahrten: bei der Bildung von Wasser (H_2O) war nach dieser Auffassung eben dort, wo H_2O war, nicht mehr H und nicht mehr O, ja es waren sogar nur gewisse ihrer Eigenschaften einfach addiert. Im Bereich des Lebenden ist das nun ganz anders: hier erscheint ein Individuum als durchaus wesentlich, als durchaus, soweit es wegen äußerer Umstände angeht, sich wahrend, — solange 'es lebt'.

Was bedeutet es, wenn es nicht mehr 'lebt'? Was wir als Todeserscheinung wirklich kennen, besteht darin, daß nun, kurz gesagt, der vorher lebende Körper aufhört, ein gesetzlich-zusammengesetzter Körper zu sein, daß die Eigenschaften seiner einzelnen Teile jetzt Eigenschaften anorganischer, atypischer Körper geworden sind; es beginnt jetzt der Eigenschaftsaustausch unter ihnen nach anorganischen Gesetzen; die durch die Entelechie geschehene Kompensationsregelung hat aufgehört.

Wo 'ist' nun die Entelechie? 'Ist' sie im Sinn erweiterter Wirklichkeit überhaupt noch?

Hier langen wir wieder an dem Punkt zeitlicher absoluter Unwissenheit an. Wir müssen also auch hier die Frage nach sachgemäßer Anwendung des Substanzbegriffes und erst recht die Frage nach einer 'Erhaltung' von 'Substanz' unbeantwortet lassen.

Es sei nur noch bemerkt, daß künftig hier auch wohl das Problem der Teilung der Entelechie, wie sie fast jeder entwicklungsphysiologische Versuch ergibt, eine wichtige Rolle zu spielen berufen ist[1]).

Ist uns also das Grundproblem in Sachen der Beziehung von Entelechie und anorganischen Konstanten gegenwärtig durchaus ver-

---

1) Auch das Problem des 'physiologischen' oder 'pathologischen' Absterbens von Teilen eines Organismus trotz Wahrung des Ausdrucks seiner 'Gesamtentelechie' wird in solchem Zusammenhang zu erörtern sein.

Digitized by Google

schlossen, so können wir doch wohl noch einiges ausmachen über besondere Beziehungen, welche zwischen dem Individualitätsagens und anorganischen Agenzien obwalten.

e. Ablehnung aller 'Lebensstoff'-Theorien.

§ 311. Ich halte es, sehr verbreiteten Denkgewohnheiten gegenüber, für durchaus unzulässig, sich die Entelechie gleichsam als Resultante, wenn auch prinzipiell neuer Art, vorzustellen, welche durch ein Zusammenwirken vieler anorganischen Faktoren gleichsam erstünde. Solche Ansicht wird meistens in Form einer 'Lebensstofftheorie', gelegentlich auch wohl in Form einer 'Tektoniktheorie' vorgebracht: 'Leben' soll die, allerdings sondergesetzliche, Folge bestimmter chemischer oder physikalischer Konstitution sein.

§ 312. Die erstere Ansicht, daß Entelechie mit der Entstehung einer bestimmten chemischen Verbindung zugleich entstünde, erscheint uns deshalb unannehmbar, weil, im Sinne der zum Atomismus erweiterten dynamischen Materientheorie, durch 'chemische Verbindungen' nur neue von Agenspunkten ausgehende Wirkungen zutage treten können, weil aber Entelechie etwas durchaus anderes als eine von Agenspunkten in gleichförmiger Weise ausgehende Betätigung ist. Die Frage andererseits, ob Entelechie sich etwa, präexistierend, gewisser und nur gewisser 'Verbindungen' zu ihren Zwecken gleichsam bemächtige, muß, obwohl sie uns logisch wenigstens zulässig erscheint, zur Zeit als durchaus undiskutabel gelten.

§ 313. Man werfe aber nur einmal die Frage auf, was denn 10 Kilogramm 'Menschstoff' (= $C_nH_oS_\beta O_q \ldots$) und was 0,5 Gramm 'Löwenstoff' (= $C_{n_1}H_{o_1}S_{\beta_1}O_{q_1}\ldots$) bedeuten sollen, und der Widersinn, der schon in der bloßen Fragestellung nach einer 'stofflichen Lebenssubstanz' im Sinn einer, natürlich 'sehr komplizierten', Verbindung liegt, wird sofort klar[1]): mit dem Nebeneinander im Raum, zu dessen Deckung der Begriff der 'Materie' geschaffen ist[2]), hat eben

---

1) Bezüglich der Kristalle wird die entsprechende Frage bei gewisser Wendung nicht sinnlos. — Als Indizium gegen die 'chemische Lebenssubstanz' käme nebenbei in Betracht, daß es sehr unwahrscheinlich ist, daß höchst unstabile, komplizierte organische 'Verbindungen' durch anorganische Faktoren entstanden sein sollen, wo doch erfahrungsgemäß auf der Erde nicht einmal sehr einfache 'organische Verbindungen' durch solche Faktoren entstehen.

2) Damit steht nicht im Widerspruch, daß der analytische (dynamische) Begriff der Materie in geringem Grad auch 'intensiv mannigfaltig' ist.

Digitized by Google

der Begriff der Entelechie, welcher nur intensiv ist, gar nichts gemein. Vielleicht erlaubt gerade dieser fundamentale Gegensatz, der wieder auf den Gegensatz von Individuum und Nicht-Individuum hinauskommt, den Begriff Materie ganz allgemein als nichtindividualisiertes Wirkliches zu fassen und allgemein in der so definierten 'Materie' ein 'Material' für Entelechie zu sehen.

Was soll nun hier 'Substanz'[1]) heißen? Lassen wir diese Frage offen und bemerken wir nur, daß sich aus unserer Gegenüberstellung Physik (weitesten, das Chemische einschließenden Sinnes) und Organik als die Grundwissenschaften von der Natur ergeben würden[2]).

§ 314. Bezüglich der Abhängigkeit der Entelechie von physikalisch-chemischer Tektonik endlich scheint uns, als habe man naiverweise das als ihren Grund vorausgesetzt, was erst Entelechie leistet, woran man sie erkennt. Wo kommt denn jene Tektonik her?

f. Exkurs über 'Vererbung'.

§ 315. Lehnen wir also ein unmittelbares Bedingtsein von Entelechie durch chemische oder physikalische Faktoren irgendwelcher Art ab, so folgt auch, daß wir, um uns noch auf etwas Spezielleres einzulassen, über die sogenannte 'Vererbung' nicht diejenige Ansicht teilen können, welche gegenwärtig üblich ist.

Man spricht auf Grund der tatsächlichen Beobachtungen über Befruchtung gern von einem 'Vererbungsträger' und pflegt in gewissen Bestandteilen des Zellkerns, in den 'Chromosomen', diesen Träger zu sehen. Bis zu einem gewissen Grade wohnt solcher Auffassung sicherlich Berechtigung inne: überall, wo es 'Vererbung', d. h. zyklische Wiederholung von Formbildungsprozessen durch die Keimeszellen hindurch gibt, gibt es materielle Kontinuität ganz vornehmlich jener 'Chromosomen' genannten Gebilde; Vater und Mutter liefern je die Hälfte von deren Zahl, ja gewisse neuere Erfahrungen (Boveri, Sutton) machen vielleicht sogar eine verschiedene formgestaltende Bedeutung der einzelnen individuellen Chromosomen wahrscheinlich, und ebenso scheinen gewisse Erscheinungen bei der Bastardierung, sowie an

---

1) Natürlich in der allgemeinen kategorialen Bedeutung des Wortes.

2) Unter dem Individualitätsgesichtspunkt ergeben sich also Gegensätze, wo sich vorher Gradunterschiede ergaben. Hier liegen Zukunftsprobleme, denen diese Schrift nicht dienen kann. Auch die Begriffe des 'Physikalischen' und des 'Chemischen' müßten hier noch anders, als von uns geschehen, gefaßt werden, vom 'Ding' müßte alles ausgehen.

Digitized by Google

Nachkommen von Bastarden ('Mendelsches Gesetz') an der Verschiedenheit, jedenfalls an der formbestimmenden Bedeutung der Chromosomen zu hängen[1]).

§ 316. Geben wir von der Gesamtheit des hier in Betracht kommenden Tatsachenkomplexes sogar das zur Zeit nur Wahrscheinliche als erwiesen zu, so bleibt doch eines zu erwägen, das unmittelbar an unsere Beweise von Lebensautonomie anknüpft: wohl mögen die Chromosomen für Formbildung bedeutungsvoll, ja sie mögen sogar in individuell verschiedener Weise bedeutungsvoll sein, das eigentlich Wesentlichste für das Typische der 'Vererbung', d. h. für einen gesetzlich-zusammengesetzten Geschehensablauf kompliziertester Art, sind sie doch nicht, und zwar deshalb nicht, weil dieses Wesentlichste nur eine höchst komplizierte, nach den drei Raumesrichtungen verschieden spezifizierte Maschinerie sein könnte, eine solche sich aber nicht, wie der Kern auch der Keimeszellen es tut, beliebig oft teilen könnte, ohne ihre Potentialitäten einzubüßen.

§ 317. Das Wesentlichste bei Vererbung mag also eng mit den Chromosomen verknüpft sein, mag sich nur an ihnen äußern können; nicht sind aber dieses Wesentlichste die Chromosomen. Als notwendige Gestaltungsmittel nur mögen letztere gelten, und hier liegt wohl nicht einmal etwas gegen die Annahme vor, sich diese Mittel als chemisch-physikalische Qualitäten irgendwelcher Art zu denken.

Im übrigen muß die Frage nach dem letztgültigen Verhältnis von Entelechie zu den Begriffen Materie und Substanz natürlich auch hier zurzeit unbeantwortet bleiben.

§ 318. Daß die Betätigung von Entelechie von anorganischen Agenzien, ja sogar von chemischen Spezifitäten engstumschriebener Art abhängig sein kann, zeigt ja die gesamte Ernährungsphysiologie und zeigen in für Morphologisches besonders scharf analysierter Form die Salzversuche von Herbst[2]). Es liegt hier ein sehr seltsames Faktum vor, seltsam nicht nur in Hinsicht des Biologischen, sondern auch in Hinsicht der Chemie. Man sieht hier so recht, daß zwar chemische Stoffe nur verschiedenartige Zusammengehörigkeiten von Konstanten bedeuten, daß aber eben die rein 'chemischen' Konstanten, die affinitiven Beziehungskonstanten, die Hauptrolle dabei

1) Näheres über Chromosomen usw. bei Boveri (Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns, Jena 1903), der besonders verdient um die sachliche Erforschung der hier in Betracht kommenden Tatsächlichkeiten ist.

2) Arch. Entw. Mech. 17, 1904. Hier weitere Literatur.

Digitized by Google

spielen; und zwar handelt es sich dabei, wie Herbsts Ermittlungen über die Bedeutung der Schwefelverbindungen zeigten[1]), durchaus nicht nur um 'Elemente'.

Alles 'Energetische' erscheint schon hier ganz besonders leer und unwesentlich.

Ist also Betätigung von Entelechie an Chemisch-Spezifisches überhaupt so eng gebunden, so darf ihre Gebundenheit an die bei der Vererbung als notwendige Mittel überkommenen Chromosomen nicht wundernehmen.

g. Historische Probleme: Deszendenz, 'Urzeugung'.

§ 319. Im Verfolg des als wahrscheinlich zu bezeichnenden Gedankens einer Deszendenz der Arten gelangt man bekanntlich schließlich zur Frage nach der sogenannten 'Urzeugung'. Wie verhält sich die Lehre der Entelechie zu diesem Problem? Es ist klar, daß die Beantwortung dieser Frage die Lösung desjenigen Problems, das in der Beziehung zwischen Entelechie und Materie liegt, voraussetzen würde. Wo uns diese Lösung fehlt, ist jedes Reden über Urzeugung müßig; mit dieser Lösung würde sich das Gesuchte wohl nebenbei gleichzeitig ergeben. Es würde dann aber die Beantwortung der Urzeugungsfrage gar nicht einmal als so besonders bedeutungsvoll erscheinen können, wenigstens soweit die Entstehung des Lebens auf der Erde in Frage kommt; historische Probleme stehen rationellen stets an Bedeutung nach. Tritt doch auch im Deszendenzgedanken das Problem nach der 'Wirklichkeit' des Systems und nach den Allgemeinbeziehungen zwischen seinen Gliedern als wahrhaft naturlogische Frage bedeutend hervor gegenüber der bloß historischen Frage, wie nun dieses System einmal zu dieser Zeit und in dieser Räumlichkeit realisiert sei[2]).

---

1) Arch. Entw. Mech. 11, 1901.

2) Da man auf Lebende in dieser Frage nicht hören zu wollen scheint, so höre man auf die Vertreter vergangener Zeiten: z. B. Hegel, Kleine Logik, Ausgabe Bolland, Leiden 1899, p. 322: hier wird das eigentlich 'Historische' in Hinsicht einer Phylogenie als 'nebulos' und 'völlig leer' bezeichnet; ferner Schopenhauer, Wille in der Natur, Ausgabe Frauenstädt, 5. Aufl., Leipzig 1891, p. 44: treffliche Äußerungen über Lamarck. Wer sich für Schopenhauers Urteil über Darwin interessiert, lese in den 'Briefen' (Reclam) p. 384: 'platter Empirismus, der in dieser Sache nicht ausreicht'. — Im übrigen siehe meine 'Biologie' (Leipzig 1893), § 5, und Biolog. Zentralblatt 19, 1899, p. 33.

Digitized by Google

§ 320. Alle Geschichte muß erst aufhören, 'Geschichte' zu sein, um philosophisch bedeutungsvoll zu werden; kann sie jenes nicht, so bleibt ihr auch dieses versagt. In bezug auf eine 'Phylogenie' der Organismen wissen wir zur Zeit nichts[1]), also auch nicht, ob sie sich über bloße Geschichte erheben kann, wir glauben es aber; das heißt: wir glauben, daß wahre Entwicklung, also ein Letzt-Gesetzliches, der Phylogenie zugrunde liege, mögen wir auch weder Gesetz noch Ziel dieser 'Entwicklung' kennen. Nur mit Elementargesetz und -ziel aber ist eine Zustandsfolge 'Entwicklung', bloßer Fortschritt zu höherer Kompliziertheit genügt nicht zu dieser Bezeichnung. Ganz die gleichen Gesichtspunkte gelten natürlich für die 'Geschichte' der Menschheit; wir wissen hier von einer 'Entwicklung' ebensowenig, wie in Hinsicht der Phylogenie; man mag an sie glauben, aber man muß scharf zwischen Wissen und Glauben scheiden; ethisch-sentimentale Geschichtsforscher haben das wohl nicht immer getan (Zusatz 38).

1) Wir wissen höchstens, daß alle vorliegenden 'Theorien' über Deszendenz unzureichend sind. — Ansätze zu positivem Wissen bietet die Variations-, 'Mutations'- und Bastardforschung.

Digitized by Google

Schlußbetrachtungen.

1. Der Lebensvorgang im Naturganzen.

a. Das Schema der Eigenschaftsübertragung im Anorganischen.

§ 321. Der Vorgang des abhängigen Sichveränderns, der Kausalvorgang also, soll in diesem letzten Abschnitt unserer Studien noch einmal schematisch betrachtet werden, vorwiegend zu dem Zwecke, das Wesentliche dessen, was wir über das Leben ausgemacht haben, kurz in anderer Zusammenstellung, und zwar in solcher Form zu wiederholen, daß die Stellung der Konstanten, welche Entelechie heißt, im Gesamtveränderungsgetriebe der Natur so klar wie möglich erfaßt werden könne.

Von allem Quantitativen wollen wir in diesem Schlußabschnitt absehen, handelt doch davon die größere Hälfte dieses Buches.

Der Begriff des Wirkens, des Veränderns mit dem Kennzeichen der Notwendigkeit macht bekanntlich schon im Anorganischen der Anwendung einige Schwierigkeiten. Eben deshalb haben Neuere ihn durch den Begriff bloßer Funktionsabhängigkeit ersetzen wollen. Man umgeht aber Schwierigkeiten nicht durch ihre Ablehnung. Der Begriff bloßer Funktionsabhängigkeit genügt, wie wir ausführten (p. 42), zur geistigen Bewältigung der Naturtatsächlichkeiten, selbst wenn er als 'notwendige' Verknüpfungsart gefaßt ist, durchaus nicht: wir wissen, wenn auch zunächst unbestimmt, daß da noch etwas anderes in Betracht kommt, als daß bloß unter gewissen Umständen a, b, c usw. aus $A\,A'$ werde. Schon die bloße Tatsache des allgemeinen Gegenwirkungsprinzips, von dem der quantitative Teil sich im ersten Energiesatz ausdrückt, lehrt, daß da mehr als nur Funktionalabhängigkeit 'ist'. Wenn nämlich aus $A\,A'$ wird, wird auch aus mindestens einigen der a, b, c usw. a', c' usw.

§ 322. Kausalität, ganz unbefangen betrachtet, äußert sich im Mitteilen von Eigenschaften in weitestem Sinn; es teilt hier Eines mit, und dem Andern wird mitgeteilt; 'Eines' und das

Digitized by Google

'Andere' sind Dinge, praktisch fast stets Körper. Notwendige Umstände mögen dazukommen können; sie kommen stets dazu, wenn in irgendwelcher Form Auslösung strengen Sinnes statthat, d. h. wenn die Eigenschaftsmitteilung in irgendwelcher Form zur Kompensationsaufhebung von spezifischen Potentialen führt. Ein besonders einfacher Fall reiner Eigenschaftsübertragung ist der Stoß der unelastischen Kugel A auf die Kugel B: die Bewegung wird hier, quantitativ zwar wegen der auf A und auf B entfallenden Erwärmung gemindert, von A auf B übertragen; liegt B auf einem Tisch und wird durch die Bewegungsübertragung heruntergestoßen, so daß sie 'fällt', dann haben wir einen sehr einfachen Fall von Auslösung vor uns, auch er geht von Eigenschaftsübertragung aus. Thermisch ist leicht ein ganz ähnliches Beispiel erfindbar, wenn man sich etwa zwei einander zugewandte Hohlspiegel und in einem den glühenden Körper A denkt; der Körper B wird hier unmittelbar auf Kosten von A durch Strahlung wärmer und ausgedehnter; es geschieht aber nicht mehr eigentlich auf Kosten von A, wenn B etwa explosionsartige Erscheinungen zeigt.

§ 323. Was nun eigentlich Eigenschaftsübertragung 'sei', das erscheint einfach, wenn man das Ziel der Naturauffassung im bloßen Beschreiben des Unmittelbaren sieht; es wird schwieriger, sobald man — ohne an Metaphysik zu denken — an die Bewältigung der Naturbegriffe erweitertster Form denkt.

Aber selbst hier wird die Frage nach dem 'Wesen' der Eigenschaftsübertragung zuletzt nur eine Definitionssache: gewisse in sich charakteristische Phänomene des erweitert Wirklichen werden eben 'Eigenschaftsübertragung' genannt, und es handelt sich, wenn man wie wir die Worte Wahrheit und widerspruchslose Vollständigkeit einander gleichsetzt, nur darum, die Definition so zu gestalten, daß sie den in jener Gleichsetzung ausgedrückten Ansprüchen auf 'Wahrheit' entspricht.

Wenn wir nun an unsere höchste Erweiterung des Wirklichen, an unsere Agenspunkte im Sinne des dynamischen qualitativen Atomismus erinnern, so gilt Eigenschaftsübertragung letzthin in Hinsicht auf sie: Eigenschaftsübertragung wird damit stets zu einer Fernwirkung. Das, was als Eigenschaft mitgeteilt wird, ist im Grunde nur wieder die Potenz zu einem neuen Mitteilenkönnen, qualitativ und quantitativ bestimmt durch die Konstantenkombination, welche die beteiligten Agenspunkte kennzeichnet. Bei Energiewandlungen kommen ihre Konstanten für diese Fälle ('physikalische Konstanten zweiter Art')

Digitized by Google

und für Chemisches kommen die Affinitätskonstanten in Frage, welche einen sprungartigen Wechsel aller Konstantenkombinationen überhaupt in sich schließen.

Was alles von fiktiver Chemie und Physik zum angeblichen 'Verständnis' von Eigenschaften und Eigenschaftsübertragungen zurechtgemacht worden ist, sagt nicht irgendwie mehr aus, als unsere im Sinn erweiterter Wirklichkeit rein tatsächliche Formulierung des Sachverhalts.

§ 324. Wenn also der Körper *A* auf den Körper *B* 'wirkt', so kommen dabei in Frage: einmal alle temporären Eigenschaften des *A* und *B*, ferner alle Konstanten beider in jeder von deren möglichen Form; wenn der Agenspunkt *A* auf den Agenspunkt *B* wirkt, so kommt ganz dasselbe in Frage, nur ist die Betrachtung auf die letzten Tatsächlichkeiten des erweitert Wirklichen bewußt gerichtet.

Bleiben wir bei der Betrachtung von Körpern, die 'ungesetzlich-zusammengesetzte' Körper ganz allgemein sein mögen, so kennzeichnen also vor allem die Konstanten jeder Art in ihren verschiedenen Teilen, wie sich diese Teile dem Kausalvorgang, d. h. der Aufnahme von Eigenschaften gegenüber verhalten werden, damit zugleich ihre Rolle im weiteren Kausalgetriebe allgemein darlegend: Denken wir uns die zu jeder Eigenschaftsübertragung notwendigen räumlichen Bedingungen jeweils erfüllt, so wird also etwa Teil *a* unseres Körpers rot und elektrisch, *b* wird grün und setzt sich chemisch um, *c* wird gelb und flüssig, und so fort:

Die Konstanten des Körpers *B* waren hier in Verbindung mit den schon vorhandenen Temporäreigenschaftsintensitäten, ganz allgemein im Sinne populärer Kausalität gesprochen, die 'Systembedingungen', von denen es abhing, daß bei dieser von Körper *A* ausgehenden Kausalwirkung an Körper *B* diese Effekte herauskamen. Von jedes Punktes 'Systembedingungen' in diesem Sinne hing es ab, was aus den ihm übertragenen Eigenschaften endgültig resultierte. Doch ist das alles, sowie auch die logische Umwandlung der 'Systembedingungen' zu 'spezifitätsbestimmenden' Ursachen im Sinne tieferer Kausalauffassung, früher ja in strengerer Form bereits dargelegt.

b. Das kausale Eingreifen von Entelechie.

§ 325. Gehen wir also nach diesen skizzenhaften Vorbemerkungen zur Betrachtung belebter Körper über:

Unser Körper *B* sei jetzt Betätigungsort einer Entelechie; es handelt

Digitized by Google

sich um Kausalbeziehung von den Agenzien des Anorganischen auf das spezifisch organische Agens; das alte Problem der 'Wirkung von Leib und Seele' aufeinander fällt unter diese Frage, wenn wir wenigstens, in kritisch einzig zulässiger Form, die 'Seele' als Naturfaktor, als Entelechie eben, auffassen und so das angeblich transzendente erkenntnistheoretische in ein immanentes naturphilosophisches Problem verwandeln.

Wenn nun also ein ungesetzlich zusammengesetzter anorganischer Körper *A* auf den belebten Körper *B* wirkt, so werden einmal gewiß die Teile des *A* auf die Teile des *B* nach Maßgabe aller temporären und konstanten Eigenschaften eben der Teile wirken, aber es wird noch etwas anderes auch geschehen, was sich mit der ersten Klasse von Wirkungsäußerungen zu einer Resultante zusammensetzen kann: falls nämlich die von *A* ausgehenden Eigenschaftsübertragungen gewisse Grenzen nicht unter- oder überschreiten, wird an *B* als Gesamtheit etwas nur von der Gesamtheit der von *A* ausgehenden Effekte Abhängiges geschehen, das sich wieder auf die Gesamtheit von *B* bezieht. Das leistet die Entelechie.

Die Entelechie erscheint hier also deutlich als Konstante, als 'Systembedingung' der populären Kausalität. Aber das eben macht ihre Sonderheit aus, daß sie sich nicht auf die Teile des Zusammengesetzten, sondern auf die Zusammensetzung selbst bezieht. Als etwas Neues kommt Entelechie zu allen anorganischen Konstanten hinzu, etwas Neues 'ist da' mit ihr im Sinn erweiterter Wirklichkeit, ebenso wie etwa elektrische und chemische Faktoren unter gewissen Umständen in vordem unelektrischen oder chemisch unbetätigten Systemen als Neues im Sinn erweiterter Wirklichkeit 'da sind'; über das unmittelbar (sinnlich) Gegebene hinaus wird in allen diesen Fällen das 'Wirkliche' vom wissenschaftlichen Denken 'erweitert'; die Art des 'Neuen', der Grad der Erweiterungsschöpfung ist freilich im Biologischen ein essentiell anderer.

§ 326. Betrachten wir einen Lebenskörper mit seinen sämtlichen anorganischen konstanten und temporären Eigenschaften und mit seiner Entelechiekonstante in einem bestimmten Zustand als 'gegebenes System', und denken wir uns einen äußeren Faktor oder eine äußere Faktorenkombination als 'Ursache' auf ihn wirken, also sich als verändernd äußern, so hängt nach allem Gesagten die Spezifität dessen, was geschieht, ganz wesentlich von den 'Bedingungen des Systems', und zwar insonderheit von seiner Entelechie, die darum die 'Ursache' der tiefergehenden Kausalauffassung ist, ab. Es darf aber darüber

Digitized by Google

nicht übersehen werden, daß doch gerade zur Elementarkennzeichnung der Entelechie dient, ja daß allen Beweisen ihrer Tatsächlichkeit zugrunde liegt die Einsicht, daß die engere Spezifität des geschehenden Effektes von der äußeren Faktorenkombination, also der populären Ursache, dem 'Reiz', in seiner spezifischen Art abhängig ist: auf Basis der allgemeinen 'Bedingung' Entelechie kann sehr vieles geschehen; was von diesem sehr vielen geschieht, das wird durch den Außenfaktor in seiner Spezifität spezifisch festgelegt. Wir haben die Allgemeincharakteristik alles Geschehens, dessen Spezifität zwar vorwiegend von den 'Bedingungen', aber auch von der populären Ursache bestimmt wird, bereits an früherer Stelle des Ganzen, in unserer Kausalitätsschematik nämlich, gegeben. Zur leichteren Erfassung des Gesagten mögen die beiden Beispiele dienen: daß ein von einer Reizkombination getroffener Mensch zwar in engerer Spezifität durch eben diese bestimmt, aber daneben doch in allgemeiner Spezifität 'individuell-menschlich' handelt, und daß, wenn Wasserstoff als populäre Ursache auf Sauerstoff 'wirkt', die Spezifität des Resultates von der Spezifität beider Beteiligten abhängt. Die Sonderheit der Spezifitätsbeteiligung der Partner, also der 'populären Ursache' und der 'Bedingungen', ist im biologischen und chemischen Fall zwar ganz verschieden; eine gewisse logische Beziehungsgleichheit besteht trotzdem.

§ 327. Die Möglichkeit der Eigenschaftsaustauschbeziehung zwischen anorganischen Agenzien und dem Agens des Belebten erscheint bei der dynamischen Auflösung alles Anorganischen nicht schwieriger als die Beziehungen unter den anorganischen Agenzien selbst. Entbehrt doch selbst der Begriff der 'Materie' für uns seines elementaren Sondersinnes, und besagt doch z. B. das Schlagwort 'materielles System' für uns gar nichts[1]); unsertwegen mag man sogar den belebten Organismus so nennen; uns ist alles 'dynamisch'. Die Schwierigkeit oder Unschwierigkeit des Verständnisses von 'Wirken' überhaupt ergibt sich daher für uns in gleichem Maße bei jeder Art von Eigenschaftsbeeinflussung; unverständlich und hinzunehmen in ihrer Spezifität ist diese in jedem Fall, denn das kategoriale Schema der Kausalität sagt uns als bejahungsnotwendig nur, daß Veränderung nur auf Veränderung erfolgen könne, daß Veränderung Veränderung nach sich ziehen müsse, und daß gewisse quantitative Zuordnungen hier obwalten.

1) Der Ausdruck 'erhaltungsgemäßes System' besagt natürlich ebenso wenig oder eher noch weniger: er ist rein kollektiv-deskriptiv, ohne jeden analytischen Wert.

Digitized by Google

§ 328. Es liegt bekanntlich im eigentümlichen Wesen eigentlich abstrakt mechanischen Geschehens begründet, daß hier und nur hier die kennzeichnenden Sonderheiten der Ursache in diejenigen der Wirkung aufgehen, so daß letztere aus ersteren allein durchaus verständlich sind, wie denn z. B. ein mit drei Stiften versehener Stempel in einer Wachsplatte drei Löcher verursacht und nicht vier oder mehr. Bei aller andern Eigenschaftsübertragung hängt, wie ja gerade vor kurzem erörtert, von den Konstanten, also den 'Potenzen' des Betroffenen die Wirkung in ihrer Spezifität zum mindesten mit, wenn nicht ausschließlich, ab; auch hier ist die Sonderstellung der Entelechie nur eine solche des Grades und der Spezifität.

Jedes wirkliche Naturwirken ist aus der Ursache im populären Sinn eines 'letzten' Einzelfaktors unverständlich, — andererseits sind aber gerade darum einstweilen, d. h. bis uns ein Konstantensystem gegeben ist, unbegrenzt viele Eigenschaftsübertragungsarten, also nicht etwa nur physiko-chemische, ja nicht einmal nur 'materielle', d. h. irgendwie mit Materie verknüpfte, denkbar, möglich.

§ 329. Ist, wie uns scheint, die eigentliche Elementarleistung von Entelechie im vorigen Kapitel genügend analysiert und als eine Beziehung zu Potentialkompensationen erkannt worden, so erscheint es angesichts des komplizierten, des in höchstem Grade 'intensiv-mannigfaltigen' Charakters der Naturkonstante, welche wir Entelechie oder im besonderen Falle Psychoid nennen, doch angebracht, ihre Natur in rein analogienhaft-beschreibender Weise noch etwas näher kennen zu lernen: eine andere Art des Eindringens ist der Natur der Sache nach ausgeschlossen.

Hier aber kann ich nichts anderes tun, als kurz zusammenfassen, was ich schon am Schluß meiner Schrift über die 'Seele' gesagt habe: Primärwissen und Primärwollen ist der Entelechie in jedem Fall in objektalem, gleichsam bildlichem Sinne des Wortes zuzuschreiben; von Primärempfinden zu reden, hätte nur insofern Bedeutung, als Entelechie individualisierten Spezifitäten von Reizkombinationen zugänglich ist, im übrigen ist eine Aufnahmefähigkeit von Reizspezifität überall notwendig, wo es überhaupt Effekte geben soll. Ein 'sekundäres' Wissen und Wollen tritt zu den primären Kennzeichen dazu, soweit dasjenige in Frage kommt, was populär als 'Erfahrung' bezeichnet zu werden pflegt.

Kraft ihres Wissens und Wollens ergibt sich die Leistung der Entelechiekonstanten als auswählend-regulatorische und zugleich als solche, die sich auf das Ganze des jeweiligen Individuums erstreckt:

Digitized by Google

sie hemmt und löst Potentiale, wo es nötig ist, nach Maßgabe des Verhältnisses zwischen dem fertig gedachten Individuum und seinem realen Zustand; sie baut und repariert wie ein Mensch.

Die Notwendigkeit des Geschehens kann dadurch nirgends durchbrochen werden.

§ 330. Alle zur Charakteristik der Entelechie beigebrachten Begriffe sind selbstredend wie diese selbst immanent gedacht, als Kennzeichen von Agenzien der erweiterten Wirklichkeit, welche 'Wirklichkeit' meinem Bewußtsein wirklich ist; es darf aber hier, wie auch in der genannten früheren Schrift, bemerkt werden, daß vieles von metaphysischen Philosophen, zumal von Schopenhauer, über 'Willen' und Verwandtes Vorgebrachte ohne weiteres von uns übernommen werden kann, falls sein erkenntniskritischer Sinn geändert wird.

§ 331. Im übrigen muß eine tiefgehende Kennzeichnung alles dessen, was an Organismen der Entelechie Äußerung ist, ganz vornehmlich Aufgabe der Zukunft sein. So mag denn hier nur dieses eine noch erwähnt werden, daß 'Korrelation' im Sinne von notwendiger, aber nicht kausaler, auch nicht durch eingerichtete Harmonie verschiedener Kausalreihen bedingter Gleichzeitigkeit, durch eine Analyse der auf Grund von Entelechie möglichen Effekte wohl eine weitgehende Aufhellung erfahren möchte: die Differenzierung eines beliebigen embryonalen Organs, das ein harmonisch-äquipotentielles System darstellt, zur nächst höheren Stufe ist eben nach der Entelechielehre ein Akt, nicht aber eine Geschehensfolge, und wenn solche Differenzierung sich in der Produktion mehrfacher Mannigfaltigkeiten gleichzeitig äußert, so wäre damit Einsicht in wahre unkausale Korrelation gewonnen [1]).

2. Vom 'Erklären' und von rationeller Wissenschaft. — Neue Probleme.

§ 332. Woher 'hat' nun Entelechie alle die Eigenschaften, durch die wir sie soeben beschreibend kennzeichneten? Sie 'hat' sie, weil

---

1) Ich verzichte hier auf weitere Ausführung dieses die Heutigen wohl noch recht fremd berührenden Gedankens. Näheres über die unkausale Abhängigkeit der einzelnen der Entelechieeffekte findet sich Ergebnisse d. Anat. u. Entw. Gesch. Band XI für 1901. 1902, p. 908 f. — Die Möglichkeit einer akausalen Korrelation, welche ich im Text aus der Entelechielehre geradezu ableite, scheint bisher nur von Rádl (Biolog. Zentralblatt 21, 1901, p. 401) erkannt zu sein. Es ist zu beachten, daß 'zeitlose Kausalität' (s. o. p. 17) durch meine Auffassung der Sachlage vermieden wird.

Digitized by Google

wir sie ihr im Sinn erweiterter Wirklichkeit geben, und wir geben sie ihr, weil wir sie ihr geben müssen. Wir müssen sie ihr aber geben, weil die sonst vorhandene Unverständlichkeit gewisser Reihen organischer Phänomene uns dazu zwingt:

Alles Unverständliche, z. B. das Logische und die Erfahrung bei Handlungen, das Harmoniebewahren in der Formbildung, verlegen wir in konstruierte Naturfaktoren, um es dann aus ihnen zu begreifen; nun 'erklärt' der Naturfaktor, im besonderen die Naturkonstante, das vorher Unverständliche.

Eine offenbare Selbsttäuschung, sagt man uns, und dazu eine Verteidigung der berühmten 'virtus dormitiva' des Opiums. — Mag sein![1])

Aber 'erklären' denn irgendwelche Naturkonstanten, die von der anorganischen Wissenschaft gezeitigt wurden, in anderer Weise? Werden nicht stets die 'zu erklärenden' Qualitäten in die 'erklärenden' Konstanten oder Faktoren überhaupt zurückverlegt? Sind denn nicht alle 'Konstanten' als Umspanner des überhaupt Möglichen in höherem Sinne wirkliche, nämlich zu erweiterter 'Wirklichkeit' verdinglichte Begriffe, deren Inhalt Abstraktion aus dem unmittelbar Gegebenen gewinnen ließ? Muß doch selbst die fiktive Wissenschaft ihre Bilder mit allen möglichen spezifischen Attraktionsarten und 'verborgenen Kuppelungen' ausstatten, damit die Wirklichkeitsverhältnisse in die Bilder hinein 'gerettet' werden (Zusatz 39).

§ 333. Wenn wir uns also klar bewußt sind, daß alle 'erklärende' Wissenschaft in hohem Maße auf Selbsttäuschung[2]) beruht, daß ihr Erklären nur ein Ordnen in denknotwendige und andere, logisch noch unerkannte, Schemata ist, so wird unser Vorgehen im Biologischen durchaus legitim erscheinen.

Empirische Kausalität engeren Sinnes ist, wie wir oben darlegten, zunächst und unmittelbar logisch unfaßbar, das wußte schon Hume. Wir machen sie uns durch bestimmte Begriffsoperationen 'logisch'

---

1) Hier ist allerdings zu erwägen, daß weitestgetriebene Analyse allein die wissenschaftliche Zulassung von 'Potenzen', von Konstanten legitimiert. Freilich könnte erst ein naturphilosophisches System der Konstanten zeigen, daß im einzelnen Fall die Analyse weit genug getrieben war; das gilt in bezug auf die scheinbar einfachsten und auf die scheinbar (intensiv-) 'mannigfaltigsten' Konstanten.

2) Verwandte, obschon anders begründete Gedanken in den Werken von Mach; ferner: Wigand, Der Darwinismus und die Naturforschung Newtons und Cuviers, Braunschweig 1876, Bd. II, Kap. 3: 'Über die Möglichkeit des theoretischen Naturerkennens'; auch Paul du Bois-Reymond: Über die Grundlagen der Erkenntnis in den exakten Wissenschaften, Tübingen 1890.

Digitized by Google

und dann reden wir von 'Erklären'. Dann haben wir 'Wahrheit', d. h. vollständige, widerspruchslose Ordnung desjenigen Teils meines Bewußtseinsinhaltes, den ich als 'Natur' zusammenfasse[1]). So führen uns diese Endbetrachtungen wieder an den Ausgang des Ganzen.

§ 334. Doch widmen wir diesem Prozeß der Bewältigung der Natur zur Wahrheit noch eine etwas eingehendere Betrachtung:

Schon die Fassung des Regelmäßigen in den einfachsten Naturverhältnissen zeigt kategorial gebaute Begriffe, Begriffe, die nicht ohne weiteres gegeben und in geringem Grade selbst in ihren einfachsten Formen 'intensiv' mannigfaltig sind; schon der Materienbegriff, obschon das Extensive geradezu angehend, ist als Begriff in geringem Grade 'intensiv'.

Solche kategorial gebauten intensiven Begriffe werden nun in um so höherem Komplikationsgrade zur Deckung der 'Wahrheit' notwendig, je mehr wir uns wirklichkeitserweiternd vollendeter Wissenschaft nähern.

Wir haben das Recht, uns derartige Begriffe zu schaffen, wie nur immer wir sie brauchen; Erfahrung, zumal das Experiment aber lehrt uns, was wir brauchen, solange wir noch nicht im Besitz eines wahren Naturbegriffssystems sind.

Naturbegriffe nämlich sind jene Begriffe, d. h. Begriffe aus und über Natur; in erweitertem Sinne werden sie zu Naturagenzien, wenn sie erweiterten Tatsächlichkeiten als Eigenschaften, als Kennzeichen beigelegt werden. Vornehmlich die Konstanten waren uns in diesem Sinne Naturagenzien; vornehmlich sie lassen das 'esse' aus einem 'perceptum' ein 'conceptum' werden.

Verknüpfungen von Naturbegriffen aber sind Natururteile, auch 'Naturgesetze' genannt. Wie die Naturbegriffe, sind sie also kategoriale Schemata mit empirischem Inhalt.

Wie aus der Art ihrer logischen Gewinnung hervorgeht, 'erklären' Naturgesetze die empirische, jeweils historisch, d. h. an besonderen Raum und besondere Zeit gebunden gegebene Wirklichkeit stets nur dadurch, daß sie selbst empirische, generalisierte Elemente enthalten, die aus dieser Wirklichkeit abgezogen wurden und im Sinn erweiterter Wirklichkeiten an bestimmte Orte der 'Natur verlegt wurden (Zusatz 40): eben dieser Prozeß macht Kausalität 'logisch', 'rational'.

---

1) Das Schema der 'Wahrheit' habe ich also 'a priori', und zwar gilt dieses Wort hier in anderem Sinn, als es für die einzelnen Kategorien gilt. Näheres muß künftigen Untersuchungen überlassen bleiben.

Digitized by Google

Näher kann jedoch hier auf diese Frage nicht eingegangen werden, und auch die Verschiedenheit logischen Wertes zwischen Generalbegriffen, die durch Generalisation jeder einzelnen Eigenschaft aus dem Einzelnen gewonnen wurden, wie z. B. die der Physik, von solchen, die durch Weglassen von Eigenschaften entstanden, wie alle rein klassifikatorischen, kann hier nur erwähnt sein[1]).

§ 335. Wen aber unsere Untersuchung des wissenschaftlichen Erklärens enttäuscht hat, dem zeigen wir nun eine große, lohnende Aufgabe:

Kategoriales Schema, empirischen Inhalt haben Naturbegriffe und Natururteile; auf beides kann sich weiteres Denken erstrecken: das führt zu wahrer Naturphilosophie.

Freilich der Schemata sind nicht gar viele, der beziehenden, auf die allein wir analytisch eingingen, sogar nur ganz wenige, und was wir in diesem Buch in sehr breiter Weise über eines derselben, über das Kausalitätsschema, in Form der Energetik beigebracht haben, war nicht gerade sehr mannigfach. Wir erkannten gerade das energetische Schema als recht leer und wenig besagend. Allerdings haben wir angedeutet, daß es im Gebiet mathematischer Naturwissenschaft noch andere aprioristische Schemaeinsichten über quantitative Beziehungen geben könne, und daß jene Wissenschaft doch mit Recht 'natural philosophy' heiße. Freilich wird das Herausschälen des Aprioristischen aus quantitativen Wissensgebieten auch immer nur Quantitatives ergeben, und letzthin ergibt Reflexion auf die verschiedenen empirischen Formen eines Schemas als solche natürlich immer wieder das Schema selbst.

§ 336. Aber es kann auch auf den Inhalt der Schemata reflektiert werden, und gerade hier scheint uns eine große Aufgabe vorzuliegen: Die Konstanten sind es hier wieder, welche ganz wesentlich als Objekt höherer Untersuchungsart einst in Betracht kommen werden; machen doch sie in letzter Hinsicht allen empirischen Inhalt der Naturforschung, ja macht ihre Gesamtheit doch recht eigentlich das aus, was 'Natur' ist[2]).

---

1) Über die verschiedene logische Wertigkeit von Begriffssubsumtionen äußerte ich mich in meiner Schrift: 'Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft', Leipzig 1893, § 6, und in dem Aufsatz 'Von der Methode der Morphologie'. Biol. Zentralblatt, Bd. 19, 1899, p. 33.

2) Man nehme einmal die 'Theoretische Chemie' von Nernst zur Hand und frage sich, ob man über 'Natur' nicht mehr in deren beiden ersten Abteilungen erfährt, als in den beiden letzten; diese enthalten nur Kausalitätsschematik und quantitative

Digitized by Google

Ein System der Konstanten[1]) und damit der Natur möchte sich hier wohl einst als letztes ergeben, und mit ihm eine Rangordnung derselben; sie würde ausgehen von den verschiedenen Verwendungsarten des Substanzbegriffs, und innerhalb ihrer käme dann auch das Verhältnis der Reziprozität von Ätiologie und Teleologie, von Kausalität und Finalität, wenigstens in einer der beiden sogleich darzulegenden Bedeutungen dieser Begriffe, zum Austrag.

Was wir hier aber als Aufgabe der Zukunft angedeutet haben, das hatte, zusammen mit dem Problem eines Systems der Kategorien, die ältere Naturphilosophie in Angriff zu nehmen versucht; die modernen Materialisten aber haben fälschlicherweise an Stelle des Problems eines Systems der Naturdata das Postulat ihrer Reduktion aufeinander gesetzt.

3. Kausalität und Finalität.

§ 337. Daß zwei Bedeutungen der Begriffe Ätiologie und Teleologie für die Frage nach ihrer Reziprozität in Betracht kommen, ist in Erörterungen über diesen Gegenstand meines Wissens stets übersehen worden: wie aber 'Kausalität' zwiefache Beziehung ausdrückt, nämlich einmal die notwendige Abhängigkeit einer ganz beliebigen spezifischen Mannigfaltigkeitskonstellation eines Systems von jeder, also auch von einer beliebig als 'Anfang' gewählten früheren seiner spezifischen Konstellationen, und zum andern die Abhängigkeit jedes Einzelgeschehens im Verlaufe einer Konstellationsänderung von den 'rational-kausalen' konstanten Potenzen der Natur[2]), so kann auch 'Finalität' zu jeder dieser Seiten des Kausalen das Korrelat liefern.

§ 338. In Hinsicht der Konstellationskausalität ist Finalität eine bloße Umkehrung. 'Teleologie' bedeutet hier nichts gerade Scharfes, kann vielmehr ein Tummelplatz von Begriffsspielereien werden und ist das in früherer Zeit tatsächlich gewesen. Durchaus historisch ist diese Art der Teleologie; was für Naturagenzien bei ihrer Betätigung eine Rolle spielen, kommt gar nicht in Frage; Leb-

---

Konstanten, jene, wenn wir das 'Wirkliche' aus der fiktiven Hülle herausschälen, alles 'intensiv Mannigfaltige'. — Im übrigen vergleiche man Zusatz 19.

1) Ausdrücklich vermeiden wir hier das Wort 'Energieart', vgl. oben p. 162 u. 190.

2) Die Doppelsinnigkeit des Kausalen ist gut erörtert bei Schuppe, Grundriß der Erkenntnistheorie und Logik, Berlin 1894. — In Hinblick auf unsere Formulierung der Sachlage vergleiche man das unmittelbar Vorhergehende und Zusatz 40.

Digitized by Google

loses und Lebendes, kurz: Betätigung aller 'Konstanten' fällt gleichermaßen unter sie. Ein Vorgang ist hier stets in Hinblick auf einen andern zweckmäßig; im übrigen muß es zunächst durchaus dem Geschmack überlassen bleiben, ob im Sinn eines wirklich 'historischen' Weltplanes jeder Einzelvorgang für jeden andern als 'zweckmäßig' gilt, oder ob der Finalitätsbegriff nur für gewisse Geschehensreihen in Betracht kommen soll[1]). Der Willkür anheimgegeben ist hier zurzeit alles (vgl. p. 198 f.). In unserem 'immanenten' Sinne wollen wir selbstredend auch diese kurzen Andeutungen verstanden wissen.

§ 339. Die zweite Seite der Finalität wie der Kausalität bezieht sich lediglich auf die Naturagenzien, auf die Konstanten, sie ist durchaus unhistorisch: hier erscheint das Finale stets in um so deutlicherem Maße, in je höherem Grad ein Effekt von einer maßgebenden Konstante in seiner Spezifität abhängt, in je höherem Grade die Konstante also 'intensiv-mannigfaltig' ist. Diese Art des Teleologischen bezieht sich also auf das Einzelne, auf den mehr oder weniger 'zwecksetzenden' Charakter der Bedingungen alles Geschehens. In diesem Sinne besteht ein, zwar wegen der Kristalle nicht ganz unvermittelter, Gegensatz zwischen Leblosem und Belebtem, zwar nicht in der Art, daß ersteres nur als Kausalität, letzteres nur als Finalität erschiene — Kausales und Finales geht vielmehr einander in jeder ihrer Formen parallel (Zusatz 40) —, wohl aber in der Art, daß das Finale im Belebten bedeutsamer erscheint, als im Leblosen.

§ 340. Durchaus auf sich selbst bezieht sich die geschilderte Teleologie der Konstanten. Es möchte nun aber wohl auch von einer teleologisch aufeinander gerichteten Beziehung der Naturkonstanten geredet werden, und in diesem Sinn eine 'Harmonie der Natur' behauptet werden können, was ja tatsächlich, zumal in früheren Zeiten, in weitem Maße der Fall war. Mehr als der Umstand, daß hier wieder, wie bei historischer Finalität, dem Geschmack fast alles einstweilen überlassen bleibt, interessiert uns an dieser Stelle

1) Unter diese Art des Finalen fiel im Grunde genommen, wenigstens wenn man hier zu Ende gedacht hätte, meine frühere 'Statische Teleologie'; trotz eines Versuches (Anal. Theorie, p. 164—168) dazu gelang es auf dieser Basis nicht, anorganisch und organisch Teleologisches wirklich streng zu scheiden. Jetzt gelingt es, wie der Text zeigt. — Es wäre zu untersuchen, ob die astronomischen Konstellationstatsachen in berechtigtem Sinne einer teleologischen Betrachtung der konstellativen Art unterstellt werden können.

Digitized by Google

die Einsicht, daß 'Harmonie'[1]) nicht eigentlich 'Finalität', nämlich kein Gegenstück zum Kausalbegriff, daß sie vielmehr ein Gegenstück zum Notwendig-Gleichzeitigen, das einen besonderen Namen verdienen möchte, ausmacht.

§ 341. Wer will, kann, selbst angesichts unserer Entelechielehre, auf 'Finalität' verzichten: er betrachtet dann nur eine Seite der Welt, aber kann diese vollständig studieren; damit, daß dem Lebenden Konstanten ganz besonderer Art, meinetwegen auch Energiearten besonderer Art zukommen, beruhigt er sich, ohne zu fragen, welcher Art sie seien[2]).

Dann wird alles Finale dem systematischen Teil einer Naturphilosophie überlassen.

§ 342. In allgemeinerem Sinn, als ich früher[3]) diese Ausdrücke anwandte, könnte man vielleicht die dem Geschmack überlassene Konstellationsteleologie als statische, die Konstantenteleologie als dynamische Teleologie bezeichnen.

Es ist wohl nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß gewisse teleologisch klingende Sätze der Mechanik und Thermodynamik, wie die Minimumsätze und der Satz von Le Chatelier, mit spezieller Finalität überhaupt nicht eigentlich zu tun haben, sondern nur die Umkehrung verschiedener Formen des allgemeinen Kausalitätschemas sind. Weitere Aufhellung fällt auch hier einer künftigen vollständigen Naturphilosophie zu.

4. Das biologische Endergebnis.

§ 343. Da unsere Gesamtuntersuchung wesentlich zur Aufhellung von Lebensproblemen ursprünglich unternommen war, dürfen wir uns zum Schluß wohl noch einmal ganz generell fragen, welche Einsichten über Lebendiges wir denn eigentlich gewonnen haben:

Wir haben durch Ausschlußbeweise die Autonomie gewisser Klassen von Lebensgeschehnissen dargetan. Das war eine negative, vorläufige Leistung.

Wir haben aber auch das solche Lebensgeschehnisse eigentlich

---

1) An diese Art von Harmonie dachte ich aber nicht in den Betrachtungen meiner 'Analytischen Theorie'. Vgl. die vorige Anm.

2) Auf dieser Basis halte ich eine Verständigung über 'Teleologie' mit Bütschli (Annal. Naturph. 3, 1904, p. 158 ff.) nicht für ausgeschlossen.

3) Vgl. namentlich meine 'Lokalisation', Leipzig 1899, p. 73 f. (p. 102 f. des Archivs f. Entw. Mech.).

Digitized by Google

im letzten Einzelnen Kennzeichnende nebst allem, was aus ihm folgt, durch analytisches Studium klargelegt und mit den analytischen letzten Begriffen, welche in den Wissenschaften vom Anorganischen gezeitigt wurden, verglichen und zu einem höheren Ganzen verschmolzen. Das war eine positive Leistung.

Sie war möglich, da sich die Einsicht gewinnen ließ, daß jener Zusammenschluß des Biologischen und des Nichtbiologischen zu einem höheren Ganzen sich, trotz der Selbständigkeit des ersteren, auf legitimen Wegen der Begriffsbildung gewinnen ließ:

Als eine bewußte Erweiterung des ursprünglichen Wirklichen in gedanklichem Sinn, als eine Umschaffung des esse als eines perceptum zu einem conceptum ließ sich nämlich schon alle auf anorganische Natur bezogene Begriffsbildung erkennen, und es ließen sich keine Schranken solchen Denkprozesses auffinden, vorausgesetzt, daß es sich seiner Immanenz bewußt bleibe.

Die Allgemeinaussagen anorganischer Wissenschaft ferner waren, soweit sie, wie die Energiesätze, wirklich allgemein sind, als Modifikationen selbstevidenter, 'bejahungsnotwendiger' Sätze über Geschehen überhaupt, ja geradezu als sehr wenig inhaltreiche Schemata zu erkennen, und legten daher den Aussagen über Autonom-Biologisches nur formalen Zwang auf; Sonderheitsaussagen aber auf Gebieten andererseits, welche, wie das Gebiet des Chemisch-Aggregativen, tatsächliche Beziehungen zu Lebensphänomenen aufweisen, das waren eben 'gesonderte' Aussagen über das Eine, welche das 'gesonderte' Andere überhaupt nicht berührten, geschweige denn einschränkten.

Wissenschaftstheoretisch, also prinzipiell, scheint mir damit geleistet zu sein, was in unserer Frage, soweit man von naturphilosophischen Betrachtungen engeren Sinnes absieht, geleistet werden kann (Zusatz 41).

Digitized by Google

Digitized by Google

ZUSÄTZE.

Digitized by Google

Digitized by Google

1. Die angebliche Erkenntnis des 'Transzendenten' ist jüngst in recht anmaßlich auftretenden Darlegungen von F. Bon (Ann. Naturphil. 3. 1904, p. 203) behauptet worden. Mir scheint, es komme das Richtige an seinen Ergebnissen auf die scharfe Scheidung zwischen Logik und Psychologie, alles andere aber auf ein recht offenkundiges Sophisma hinaus; über die eigentlichen Schwierigkeiten gleitet er still hinweg. Wenn als 'psychisch' alles unmittelbar im Bewußtsein Gegebene definitionsmäßig bezeichnet wird, so mag ja immer die Sache so gewendet werden, daß der Denkakt nicht zum 'Psychischen' gehört; aber nun nennt Bon alles Nichtpsychische seiner Definition 'transzendent', also ist auch das Denken 'transzendent'; das Denken ist erkennbar, also ist auch Transzendentes erkennbar, usw. Das ist offenbare Begriffsspielerei. Als 'subjektiv' gilt auch Bon das Denken; zugleich, wie angedeutet, als etwas anderes wie Empfinden und Wahrnehmen; diese richtige Einsicht hätte er weiter verwenden sollen, anstatt aus dem bloß durch willkürlichen Ausschluß negativ definierten Transzendenten eine Falle zu konstruieren. Man weiß doch wohl wirklich — auch Bon weiß es —, was mit der vom kritischen Idealismus behaupteten Nichterkennbarkeit des Transzendenten gemeint ist.

Bons Ausführungen haben allenfalls einen Sinn, wenn an Stelle seines Transzendenten das gesetzt wird, was ich in diesem Buche 'erweiterte Wirklichkeit' nenne; wörtlich genommen, d. h. in der allgemein üblichen Bedeutung der alteingebürgerten Worte, sind sie ebensoviel wert, wie wenn jemand willkürlich die Physik als Wissenschaft von den festen und flüssigen Stoffen definieren, alles in seinem Sinne nicht Physikalische aber 'Leben' nennen würde: wenn ein solcher dann findet, daß das Studium der Gase sich so ungefähr im Rahmen seiner 'Physik' erledigen läßt, hätte er das 'Leben' 'erklärt'.

---

2. 'Nietzscheaner', welche Nietzsche mißverstanden haben, glauben vielleicht, hier anders denken zu können; wozu aber ist dann das Pathos der Entrüstung bei ihnen so häufig? Wer das hat, ist hier nicht unser Gegner, auch wenn er es im Allgemeinen zu sein glaubt und im Besonderen des Ethischen in der Tat ist.

Im übrigen ist hier nicht der Ort dafür, eine Lösung des Widerspruchs zwischen dem 'es ist' und dem 'du bist' zu versuchen. 'Kritisch', d. h. streng verstandesmäßig, gibt es nach unserer Ansicht bis jetzt keine

Digitized by Google

solche. Es ist in diesem Sinne bezeichnend, daß die kürzesten und treffendsten Formeln für ethische Normen fast immer von Künstlern aufgestellt sind ('Das bist du'; 'durch Mitleid wissend' usw.). Auch hier kommt ein 'Wissen' in Frage: dieses Wissen ist aber nicht durch Worte adäquat darzustellen.

---

3. Wir sind von der Möglichkeit der widerspruchslosen vollständigen Ordnung des Bewußtseinsinhaltes überzeugt und ebenso von unserer Beteiligung an dieser Ordnung. Insofern verbindet sich für uns mit dem Begriff Wahrheit etwas Stabiles, wenn auch nur ein stabiles Ideal. Die Einsicht in die Notwendigkeit auch unseres Überzeugtseins und auch unserer Beteiligung hindert das alles nicht. Hierüber später; zunächst nur dieses gegen ein angebliches geistiges 'Schweben' im Sinne Nietzsches (vgl. z. B. Dreyer, Studien z. Methodenl. u. Erk.-Kr. II. 1903, p. 496 f.).

---

4. Hierzu vornehmlich: Dreyer, Studien zu Methodenlehre und Erkenntniskritik, Heft 2, Leipzig 1903. Man vergleiche auch Kaufmann, Immanente Philosophie, Leipzig 1893, p. 10—35, und Cornelius, Psychologie als Erfahrungswissenschaft, Leipzig 1897, p. 255—280.

Übrigens bleibt hier die Frage, ob das 'Getast' die Dreidimensionalität nicht etwa unmittelbar 'gibt', absichtlich unerörtert. Das wäre ein 'Anschauen'. Im weiteren Wortsinne sind natürlich auch die Augenbewegungen 'Getast', bekanntlich werden diese 'psycho-physiologisch' gern in bedeutsamer, wenn schon kritisch meist recht ungeklärter Weise für eine 'Raumtheorie' benutzt. Das 'binokulare' Sehen hängt wohl zum Teil mit dem 'Getast' der Augen zusammen. —

Daß Dreyer gegen seine 'Hypothesen'-Theorie des Raumes selbst gewisse, ich möchte sagen 'instinktive', Bedenken fühlt, scheint mir aus manchen Stellen seines Buches ersichtlich: er redet von der 'merkwürdigen, somnambulen Sicherheit dieses Spiels' (S. V.); vom 'Takt der Erfahrung' (VIII); von der 'Vollkommenheit und Sicherheit des vital-zweckmäßigen Getriebes' (187), von der 'vitalen Zweckmäßigkeit als Meisterin' (220), usw. Einmal wird das Dreidimensionale geradezu 'Postulat' genannt (277).

Gegen Dreyers Auffassung scheint es mir, abgesehen von allen allgemeinen Erwägungen, schwer ins Gewicht zu fallen, daß der Ausgang aller Selbstgewißheit im Geometrischen gerade in der ebenen Geometrie liegt, wo doch nach ihm die sphärische dem unmittelbar Gegebenen entspricht.

---

5. Daneben ein: 'Ich bin mir meines Tuns nicht bewußt'. Unbewußtzwangsmäßig ist also die Kategorialleistung als Akt.

Hierzu E. v. Hartmann, Kategorienlehre, p. 121: 'Von der zweidimensionalen, monokularen Anschauung zur dreidimensionalen, binokularen führt keine Brücke hinüber, die dem Bewußtsein angehörte.'

Digitized by Google

Daß wissenschaftliches Denken die Kategorialleistung gewissermaßen ‘erweitert-bewußt’ macht, stört das Gesagte natürlich nicht.

---

6. Stallo (Begriffe u. Theor. d. mod. Physik, p. 87 f.) macht darauf aufmerksam, daß nach der optischen Wellentheorie die verschiedenen Lichtarten verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten haben müßten, daß das optische Verhalten der Trabanten des Jupiter und des Saturn bei ihrem plötzlichen Sichtbarwerden aber dieser Konsequenz der Theorie widerspricht!

---

7. Es kommt den Stoßfiktionen der theoretischen Physik vor allem zugute, daß sie die Zeitlichkeit des Wirkens ohne weiteres als verständlich erscheinen lassen. —

Mit Absicht ist im Text auf das der Frage nach dem Zeitverlauf des Ursächlichen verwandte Problem, welches im weitesten Sinne das Räumliche im Kausalen allgemein betrifft, nicht auch nur andeutungsweise eingegangen worden. Die Frage würde hier nicht sein: ‘Ist da Körperliches zwischen aufeinander wirkenden Körpern’? — diese Frage haben wir verneint; sondern das Problem wäre dieses: ‘ist’ da in erweitertem Sinne mit Notwendigkeit ‘irgend etwas’ zwischen zwei in Kausalbeziehung stehenden Tatsächlichkeiten?

Wir haben ‘Strahl’ oder ‘Kraft’ als Möglichkeitswirklichkeiten zwischen sie im erweitert-wirklichen Sinne gelegt. Ist das immer und unbedingt notwendig? Was würde aus dem Gegenteil folgen?

Es ist klar, daß im Zusammenhang mit dieser Frage jene andere stehen würde, ob es ‘bejahungsnotwendig’ ist, daß ein ‘Ding’, um von dem Ort A zu dem fern gelegenen Orte B zu gelangen, Orte zwischen A und B passieren müsse. Man beachte: wir haben ‘Ding’ gesagt, nicht ‘Körper’.

Wie die Beantwortung auch einst ausfalle: mit einem ‘überdreidimensionalen Raum’ wird sie unserer Ansicht nach nicht rechnen dürfen.

---

8. Es ist hier natürlich nur gemeint, daß ein nur als bewegen könnend gedachtes Ding für die Mechanik, ein noch dazu als nur ‘schwer’ gedachtes für den einfachsten Teil der Physik, die Gravitationslehre, genügt. ‘Tatsächlich’ ‘ist’ physikalische Masse auch noch warm, farbig usw. usw., und zwar sowohl wenn temporäre, wie wenn konstante Qualitäten (‘Konstanten’) in Betracht gezogen werden. Die Gravitationslehre und noch mehr die Mechanik sind eben absichtlich eingeschränkte Abstraktionen. Die fiktive Physik ist sich bekanntlich dieses Sachverhaltes nicht klar bewußt.

Daß ‘Trägheit’ nicht unter unsern Kennzeichen der Masse auftritt, wird später begründet werden; Trägheit ist uns nur eine Form der Kausalität.

Digitized by Google

9. Kant, Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft 1786. Moderne Kritiker haben an diesem fundamentalen Buche sehr oft die Hauptsache über Nebensachen übersehen. Selbstredend leistet Kants Darlegung eine Aufhellung des Begriffs 'Materie' nur, insofern diese 'Masse' ist, und nicht etwa im Sinn einer fiktiven universal-mechanistischen Physik. —

Der Fehler, in der 'Massennatur' ein 'Raumerfüllen' im Sinn einer nicht weiter analysierbaren Eigenschaft zu erblicken, behauptet sich trotz Kants und anderer Einsichtiger mit ungewöhnlicher Zähigkeit. Die Masse gilt so recht als Vertreter des 'Nebeneinander' im Raum, das keiner Analyse bedürftig sei. Man mache sich aber einmal folgendes klar: Die Größe der 'Masse' eines beliebigen (homogenen) Körpers ist gleich seinem Volumen, multipliziert mit der Masse der Volumeneinheit ('spezifische Dichte'). Diese letztere, also Masse überhaupt, wird nie unmittelbar, sondern stets durch Vermittlung des Gewichts bestimmt. Es liegt nun durchaus keine Denkschwierigkeit vor, sich eine 'Stoffart' zu ersinnen, deren 'Dichte' so enorm ist, daß, um einem Kubikzentimeter von ihr das Gleichgewicht zu halten, tausend Billionen Kilogrammgewichte nötig sind.

Bei solchen Überlegungen wird auch schon für die gemeine Anschauung das 'Nebeneinander' im Massenbegriff sich auflösen in ein Dynamisches, in ein 'Wirken'. Daß es jene seltsame 'Massenart' nicht 'gibt', tut dabei nichts zur Sache; Massen verschiedener spezifischer Dichte gibt es doch einmal.

Es ist klar, daß durch die dynamische Auflösung der Körperlichkeit diese selbst, obwohl das Extensive, das Nebeneinander bedingend, zu einem, in zwar sehr einfachem Sinn, 'Intensiven' geworden ist.

---

10. Leider ist die Lehre von den verschiedenen elektrischen Strahlungen und von der Radioaktivität besonders stark fiktiv durchsetzt. Wie sehr man denkt, ein 'Ding' müsse 'Masse' haben, zeigt sich in dem Suchen nach einem Gewicht der Elektronen, resp. einem Gewichtsverlust der emanierenden Stoffe.

Alles, was sich über 'Verhältnisse' der Masse der Elektronen zur Masse etwa des 'Wasserstoffatoms' ergibt, hat natürlich überhaupt erst Sinn, wenn 'Wasserstoffatome' zugegeben werden, und beruht auf der stillschweigenden Voraussetzung, daß das Elektron Masse haben müsse.

Andererseits darf natürlich nicht vergessen werden, daß etwas in gewissem Sinne 'Tatsächliches' allen fiktiven Aussagen zugrunde liegt; sonst wären sie nicht gemacht worden. Aber eben rein begrifflich fassen gilt es das 'Tatsächliche'.

---

11. Das hier zugrunde liegende Tatsächliche existiert vornehmlich im Gebiete der Theorie der Gase und der Oberflächenspannung; die Periodizität 'strahlender Energie', welche zur 'Wellentheorie' geführt hat, könnte man dazu rechnen. Das eigentlich Chemische aber bietet gerade in weit

Digitized by Google

geringerem Grad eine wirkliche sachliche Grundlage der Unstetigkeitstheorien. — Es ist beachtenswert, daß alle Anwendung von Differentialrechnung eigentlich strengste Stetigkeit des Physischen fordert!

---

12. Bekanntlich spricht gerade die Spektralanalyse durchaus nicht für eine 'Existenz der Elemente in der Verbindung'. (Hierzu z. B. Ostwald, Grundriß, 3. Aufl., p. 488 f.). —

Wie wenig der Gegenwart der Gedanke einer intensiven Mannigfaltigkeit, der uns später im Biologischen in seinen höchsten Formen begegnen wird, vertraut ist, selbst wo es sich nur um einfache Fälle handelt, das zeigt sich so recht in der Art und Weise, wie sich die heutige Chemie das unverständliche, aber tatsächliche Beieinander (s. Zusatz 19) von temporären oder, was wichtiger ist, von konstanten Eigenschaften in derselben 'Stoffart', in demselben 'Agenspunkt' zurechtzulegen sucht: alles wird hier stets extensiv gewendet. Da denkt man sich die zum Lernen recht übersichtlichen 'Strukturformeln' als wirkliche extensive Mannigfaltigkeiten im Raum und knüpft nun die eine der untrennbar verknüpften Eigenschaften an dieses 'Radikal' oder Teilmolekül, die andere an jenes; alles begrifflich Einzelne will man auch räumlich einzeln haben; das erkenntniskritisch Unzulässige solchen Vorgehens sieht man nicht; meist ist man eben dogmatischer, wenn nicht gar naiver Realist und begeht ungefähr sämtliche Fehler, um deren Beseitigung sich alle neueren Philosophen, von Spinoza und Leibniz an, und ein großer Teil der alten bemüht haben, auf einmal.

---

13. Zum Begriff der Qualität und zu ihrem Verhältnis zum Quantitätsbegriff wäre hier mancherlei vorzubringen, das indes auf andere Gelegenheit verspart sein mag. Hier sei nur dieses bemerkt:

Wir fassen den Begriff des Qualitativen in Hinsicht der temporären und kausalen Eigenschaften sehr weit: er deckt die sogenannten 'Sinnesqualitäten' und etwa besondere 'Attraktionsvermögen' gleichermaßen. Wenn Qualitätsreihen, etwa von Tönen, Quantitätsreihen, etwa Schwingungen, untrennbar parallel gehen, sind selbstredend nicht die einen 'wirklicher' als die andern. Übrigens ist in solchem Falle die Quantitätsreihe nie mathematisch stetig, sondern sie ist die Reihe der ganzen Zahlen; hierdurch ist ein Gegensatz zu echten Quantitäten, etwa der Temperaturskala, gegeben.

Der Naturwissenschaft sind die Qualitäten in unserm weitgefaßten Sinne sowohl an sich, wie in ihrer Verknüpfung hinzunehmende Elementardata, aus denen sie nach Bedürfnis abstrahierte Naturbegriffe, also erweiterte Wirklichkeiten, schafft; natürlicherweise bleibt in dem aus dem Hinzunehmenden Geschaffenen das Unverständliche unverstanden.

---

14. Daß unsere Naturschematik aber bewußtermaßen erkenntniskritisch fundiert ward, wird der Kundige erkennen, und er wird auch wissen, daß

Digitized by Google

wir uns im Ausgangspunkt mit manchen Neueren (Leclair, Mach, Schuppe, Kaufmann, Cornelius, Dreyer u. a.) wie übrigens auch mit Älteren (Fichte, Schelling, Hegel, Gabler u. a.) berühren. Unser logisches Vervollständigungsbestreben entfernt uns freilich von den Neueren, die das zwangsmäßige Hinausgehen über die 'erste Stufe des Wirklichen' verkennen; Schuppe und Cornelius machen allerdings hier eine Ausnahme, und ihnen fühlen wir uns in der Tat nicht nur im Ausgangspunkte verwandt.

Was 'Sinnesphysiologie' betrifft, so wäre eine streng idealistische Darstellung derselben, zu der wir Andeutungen gaben, ein wichtiges Desiderat: das 'Äußere', 'mein Körper', meine 'Empfindung' — alles als Phänomen betrachtet und in richtiger Abhängigkeit dargestellt. Auch gute Sinnesphysiologen haben sich ihre Arbeit erkenntniskritisch oft in geradezu unverantwortlicher Weise leicht gemacht.

---

15. Dreyers zur Zeit noch nicht ausgeführt vorliegender Gedanke von der 'vitalen Zwecktätigkeit der Selbstverarbeitung der Welt' wird hier bedeutsam; sollte er Hegelschen Gedanken so ganz fremd sein? —

Ich erinnere bei dieser Gelegenheit daran, daß es Liebmann (z. B. Gedanken und Tatsachen II., p. 198) das größte Argument gegen den psychophysischen Parallelismus zu begründen schien, daß durch ihn die Freiheit des Denkens zu Fall käme.

Ich selbst (s. meine 'Seele') gebe den Parallelismus auf, kann aber trotzdem die 'Freiheit des Denkens' nicht halten. —

Bei den im Text genannten Theologen zeigt sich das Überzeugtsein von der Allnotwendigkeit im Begriff der Gnadenwahl, des 'nicht aus eigner Vernunft noch Kraft' glauben Könnens.

---

16. Von Neueren die beste Kritik des Begriffs der 'absoluten Bewegung' gibt unseres Erachtens Höfler in seinen im Text genannten Studien. Hier findet sich auch eine Würdigung der gesamten Literatur.

Das Trägheitsgesetz ist in älterer und neuerer Zeit wiederholt für aprioristisch erklärt worden.

---

17. In Riemanns bekannter Abhandlung 'Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen' (Abh. Ges. Wiss. Göttingen 13. 1867) wird (p. 17) geradezu die Möglichkeit, daß im Unendlichkleinen die Geometrie nicht gelte, diskutiert. Es wird hier das Differential (ein Symbol!) wie ein merkwürdiges physikalisches Ding behandelt! Die Konfusion ist geradezu enorm. — Wir unterschreiben, wenn auch z. T. aus andern Gründen, in Hinsicht aller Metageometrie durchaus Dührings nicht gerade schmeichelhaftes Urteil.

Zu Dreyers Auffassung der Sachlage (Studien Heft II, 1903, p. 235) hier nur dieses: wenn eine Welt, in der die Gegenstände mit dem Ort

Digitized by Google

die Gestalt ändern, vorstellbar sein soll, so wäre sie das gewiß nur auf unsere Art: ein Agens im Raum wäre für die Gestaltänderungen verantwortlich.

---

18. Außer Kant kommen für den Begriff der Naturphilosophie bekanntlich vor allem Schelling und Hegel in Betracht. Es berührt nicht die Bedeutung des von diesen Männern Gewollten, daß seine Ausführung nicht gelang. Zur Erkenntnis, daß Hegel nicht etwa das eigentlich sinnfällig Empirische, sondern nur dessen Schematismus 'deduzieren' wollte, lese man Bolland, Alte Vernunft und neuer Verstand, Leiden 1902, p. 6—12. — Bei Dühring, Logik und Wissenschaftstheorie, Leipzig 1878, vergleiche man zumal den dritten Abschnitt (p. 155—237); von ihm rührt das Wort 'Naturlogik' her. Auch Kapitel bei Liebmann über die 'Logik der Tatsachen' seien empfohlen. Die Neuesten kommen hier gerade gar nicht in Betracht.

Im Englischen bedeutet 'natural philosophy' bekanntlich theoretische Physik; das englische Wort ist, wie dieses Buch lehren wird, tiefer als man zur Zeit meist glaubt: theoretische Physik ist in der Tat zum großen Teil wahre 'reine Naturwissenschaft'.

Freilich ist sie und ist alles in diesem Buch Behandelte nur ein Teil von ihr, wenigstens bei Zugrundelegung dessen, was Schelling und vor allem Hegel unter ihr verstand, nämlich nur ihr quantitativer Teil; in diesem Sinne wird man am Schlusse des ganzen Buches die 'Naturphilosophie der Konstanten' als andern Teil von reiner Naturwissenschaft wenigstens namhaft gemacht finden.

---

19. Wir reden, um unnötige Komplikationen zu vermeiden, im Text absichtlich vom Begriff der 'notwendigen Systematik' nicht; er postuliert eine Einsicht in die Alleinmöglichkeit einer eine höhere Totalität ausmachenden Vielheit. Hegel suchte eine solche Einsicht für die Logik; in der Geometrie besitzt man sie für die 'regulären Körper'; ähnliches leistet die Kristallographie mit fiktiver Hilfe; Ansätze bietet die Chemie. Die biologische sogenannte Systematik dagegen ist zur Zeit ein bloßer Katalog.

Man vergleiche meine 'Biologie' (Leipzig 1893) § 6, ferner Äußerungen von mir in Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. 55, 1892, p. 56f. Ostwald erörtert wiederholt kurz das Problem einer Systematik der Energiearten. Wichtiges Tatsächliches anderer Art bietet das inhaltreiche Werk von V. Goldschmidt, Harmonie und Komplikation, Berlin 1901.

In einer Form, welche ihrer ausgesprochen 'metaphysischen' Tendenz halber für uns zwar der Klärung bedarf, bietet Portig (Das Weltgesetz des kleinsten Kraftaufwandes, Stuttgart 1903/4) für eine wahre 'Systematik' Material. Sein 'Gesetz' bezieht sich nicht nur, wie der Wortlaut glauben lassen könnte, auf Kausalität, sondern auch auf das Verhältnis der Konstanten zueinander: ihre Totalität ist so, daß sich in ihrer Tektonik

Digitized by Google

kleinster Kraftaufwand (in Hinsicht auf metaphysisch gefaßte Weltzwecke) zeigt. Wenigstens habe ich Portig so verstanden.

Doch ist Systematik in jeder Form nicht dieses Buches Ziel; es genüge das wenige hier Gesagte neben den kurzen Bemerkungen am Schluß des Ganzen (p. 209). —

Einer künftigen Untersuchung in der angedeuteten Richtung wird es bedeutsam sein, sich bewußt zu bleiben, daß 'notwendige Systematik' es mit zwei ohne sie durchaus unverständlich bleibenden Problemreihen zu tun hat: mit dem Beieinander des Verschiedenen in den intensivmannigfaltigen Natureinheiten (Stoffarten, Individuen) und mit dem Nebeneinander verschiedener Einheitsarten. Die bisher zu rationeller Systematik vorliegenden Versuche haben, wohl mit Absicht, stets von dem erstgenannten Problem abstrahiert, indem sie Einzeleigenschaften, z. B. die Kristallform, für die Betrachtung der zweiten Art isolierten. Andererseits ist klar, daß die sogenannte 'Stöchiometrie' wichtige Vorarbeiten gerade in der bisher der inneren Schwierigkeiten wegen vernachlässigten Richtung liefert; bei tieferer Erforschung hätten hier auch kategoriale Untersuchungen über den Begriff des 'notwendigen Beieinander' einzusetzen.

---

20. Gravitation, anders: das 'Schwersein' tritt also als Spezifikum hier noch nicht, sondern, wie wiederholt erörtert, erst in der 'Physik' auf; immerhin ist die 'Kraft', welche zu 'überwinden' ist, welche 'widersteht', als allgemeines Gedankending notwendiger Bestandteil jeder Mechanik, die den Energie-, den Arbeitsbegriff einführen will: Arbeit ist eben Bewegung einer Masse gegen einen Widerstand, nicht nur Fortbewegung einer Masse.

Treffend bemerkt zu diesem Gedankengang Bütschli (Annal. Naturphil. 3, p. 178), daß bloße Übertragung aktueller Energie nur Übertragung von Arbeitsfähigkeit sei.

---

21. Zwischen Machs erkenntniskritischen und wissenschaftsmethodischen Leistungen scheiden wir scharf: den letzteren messen wir eine sehr große Bedeutung bei, die ersteren (Ablehnung des Ich, des Willens, der Apriorien usw.) haben wir, wie die vieler anderen Neueren, als unvollständig bekämpft. Aus einer qualitativen aristotelischen Naturauffassung braucht durchaus nicht Unvollständigkeit der Weltkonstruktion zu folgen: das glauben wir in den ersten Teilen dieser Schrift praktisch gezeigt zu haben. —

Wenn Wundt (Naturwissenschaft und Psychologie, Leipzig 1903), trotz im ganzen ablehnenden Verhaltens, der Energetik eine gewisse Begriffsklärung als Verdienst zugesteht (p. 53), so übersieht er unseres Erachtens doch, wo diese Klärung vorwiegend liegt, nämlich in der Wiedereinsetzung des Qualitativen als Gegebenen. Gewiß nähern wir uns damit wieder der

Digitized by Google

Weltauffassung des Aristoteles und auch der Scholastik. Das ist doch kein Einwand?

Darin, daß Energetik nicht genüge, werden sich unsere Ansichten mit denen Wundts begegnen; es kann aber nach unserer Meinung sehr wohl ein 'Genügen' auf Basis der Qualitäten erreicht werden.

---

22. Die ganze Rechnung beim Carnotschen Prozeß und auch die Ableitung des idealen Nutzeffektes aus ihm geht durchaus im aprioristisch-empirischen Gewande des ersten und des wahren zweiten Hauptsatzes einher; so ergibt sich der Ausdruck $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Das Empirische, aus dem dritten Hauptsatz, also der Zerstreuungstatsache, folgend, ist mathematisch unscheinbar, aber praktisch um so bedeutungsvoller: tatsächlich steht vor jenem Ausdruck eben kein Gleichheitszeichen, sondern ein

$$< \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Es ist beachtenswert, daß auch eine wichtige, im Text nicht zur Sprache kommende Bemerkung Machs nur auf dem ersten und dem wahren zweiten Hauptsatz beruht, aber mit 'Zerstreuung' nichts zu tun hat. Mach bemerkt (Wärmelehre p. 331) ganz allgemein: 'Wird von einer Energieart $W^1 + W$ vom Potential V_1 der Anteil W^1 in eine oder mehrere andere Formen verwandelt, so erfährt der Rest W einen Fall auf das Potential V_2, wobei die Gleichung besteht $-\frac{W^1}{V_1} + W\left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}\right) = 0$.'

Dieser Ausspruch und Ausdruck haben durchaus nichts logisch zu schaffen mit einem von uns im Text ausgesprochenen Satze, daß ein Potentialsturz, falls er nicht zum Ausgleich führt, stets mindestens zwei Potentialanstiege, deren jeder also kleiner als der ursprüngliche Sturz sei, zur Folge habe. Unser Satz handelt nur von 'Zerstreuung'.

Lehrreich ist es, sich jede thermodynamische Rechnung daraufhin anzusehen, was in ihr Ausdruck des ersten und zweiten, was Ausdruck unseres dritten Hauptsatzes sei; meist ist der Anteil des letzteren sehr gering.

Nie sind bisher die verschiedenartigen Bestandteile der thermodynamischen Sätze hinreichend auseinandergehalten, da man eben die Zusammensetzung des sogenannten 'zweiten Hauptsatzes' aus zwei ganz heterogenen Bestandteilen nicht erkannte. Wenn z. B. Planck (Thermodynamik p. 78) sagt, durch den Nachweis wahrer Reversibilität natürlicher Vorgänge 'stürze der ganze Bau des zweiten Hauptsatzes zusammen', so ist klar, daß dieser Zusammenbruch doch nur den empirischen, von der Zerstreuung handelnden Bestandteil des üblichen zweiten Satzes, also unsern dritten Satz, betreffen kann, daß aber alles aus dem 'Differenzensatz' und seinen Annexen Abgeleitete dadurch gar nicht berührt wird.

Von Interesse erscheint eine Analyse der Mischung von Bestandteilen des zweiten und dritten Satzes in der thermodynamischen Gesamtdarstellung

Digitized by Google

von Le Chatelier (Journ. de Physique 3 sér. 3. 1894): als Grundbegriff führt er die 'puissance motrice', die wirkungsfähige Energie, also die Differenz von Intensitäten ein; es gelten ihm die drei Gesetze der Conservation: 1. de la capacité de la puissance motrice, 2. de la p. m., 3. de l'énergie. Hiervon ist das dritte der übliche erste Energiesatz, das zweite ist unser wahrer zweiter Satz, es besagt, daß Intensitätsdifferenzen nur von andern Differenzen sich herleiten können; das erste Gesetz Le Chateliers ist dem Wortlaute nach zunächst falsch, es würde auch dem Wortlaute nach gelten, wenn es unsern dritten Satz nicht gäbe; dann wäre von einem Erhaltenbleiben aller 'capacités', unter denen unser Autor z. B. die Entropie versteht, die Rede. Nun schränkt aber Le Chatelier sein erstes Gesetz ausdrücklich auf reversible Prozesse strenger Art ein: diese Prozesse aber sind nur ideelle Fälle, so kommt denn doch unser dritter Satz zu seinem Recht.

---

23. Hierzu vergleiche man Wald, Annal. Naturphil. II, p. 123 ff.; auch sein Begriff eines chemischen 'Entropiewachsens' bezieht sich auf ein geschlossenes System (ein gegebenes 'Laboratorium'). — Übrigens dürfte natürlich spezifische Inaktivität nicht mit Entwertung verwechselt werden; sie wäre eine Frage der 'Kompensation', nicht der allgemein energetischen Geschehensmöglichkeiten; man denke an das Argon.

---

24. Wenn in einer früheren Publikation (Sitz. Ber. sächs. Ges. d. Wiss. 1894, p. 334) Ostwald die sogenannte 'Willensfreiheit' dahin auffaßt, daß die Regelung des Wirkens gewisser Katalysatoren 'frei' sei, so ist nicht recht klar, was das heißen soll. Um 'Freiheit' im Sinne von 'Nicht-Notwendigkeit', 'Nicht-Eindeutiger-Bestimmtheit' kann es sich nun doch einmal nicht handeln, mag Allgemeinenergetisches oder Kompensatorisches vorliegen.

Auch Manno ('Heinrich Hertz für die Willensfreiheit', Leipzig 1900) hat die sogenannte Willensfreiheit im Rahmen mechanischer Naturwissenschaft, und zwar Hertzschen Schemas, retten wollen; es ist klar, daß wir seinen Ausführungen höchstens dann bedingt beistimmen könnten, wenn er an Stelle der 'Willensfreiheit' den Begriff 'Autonomie des Lebens' setzen würde.

---

25. An Wundts Stellungnahme (Naturwissenschaft und Psychologie, Leipzig 1903, p. 42 u. 54) zu Ostwalds organischen Energien interessiert uns weniger der ablehnende Charakter als die treffende Formulierung: jene Energien werden als 'imaginäres, nicht meßbares Zwischenglied' bezeichnet, gemessen werde nur Anorganisches; logisch seien jene 'imaginären' oder anonymen' Energien möglich, aber sie seien überflüssig.

Unser Text hat schon gezeigt, daß wir Wundt insofern zustimmen, als gerade das Energetische im Biologischen auch nach uns ziemlich 'imaginären' Charakters ist; später wird unser Text allerdings zeigen, daß

Digitized by Google

es nach unserer Meinung doch etwas Sonderndes im Bereich des Lebendigen gibt, das wir nicht für 'überflüssig' halten.

---

26. Als treffliche Einzelheit der Sternschen Arbeit scheint mir die Bemerkung beachtenswert, daß es bei quantitativen bioenergetischen Untersuchungen weit weniger auf Gleichheit von Import und Export, als vielmehr auf Messung der verbrauchten Intensitätsdifferenzen ankomme; diese bezeichnen das eigentliche energetische Äquivalent der Lebensbetätigung (p. 209 d. Sep.-Dr.).

---

27. Auch Hirths sehr 'energetisch' klingende Äußerungen sind im Grunde nur statisch-teleologisch (Entropie der Keimsysteme. München 1900). Noch unbestimmter als Ostwald redet er zwar von neuen Energiearten; aber sein 'Prinzip der kleinsten Entropie' ist doch nur ein Ausdruck des tatsächlichen Verhältnisses, daß sich (p. 67) in Organismen meist 'maximale Arbeitsentfaltung bei minimalem Gewicht und Volumen, aber größter Stabilität und Haltbarkeit der Gleichgewichtsmassen' realisiert findet.

Das Wort 'Entropie' ist von Hirth sehr frei verwendet, nicht im Sinne von Clausius oder Wald (es ist auch nicht gleich 'entwerteter', sondern eher noch gleich Helmholtz' 'gebundener' Energie); das Gegenstück zur Entropie 'Ektropie' zu nennen, wäre ein ganz guter Gedanke, wenn nur eben 'Entropie', als $\int \frac{dQ}{T}$, einen unmittelbaren allgemeinenergetischen Sinn hätte und nicht nur eine charakteristische Funktion im Thermodynamischen wäre. Übrigens sind Hirths Entropie und Ektropie wenigstens in zutreffender Weise Summanden und nicht Faktoren.

---

28. K. C. Schneider, Vitalismus, Leipzig und Wien 1903. T. H. Morgan, Regeneration. New York 1901. Neumeister, Betracht. üb. d. Wesen der Lebenserscheinungen. Jena 1903.

Mit Morgan habe ich mich im Biol. Zentr. Bd. 22, 1902, mit Schneider und Neumeister ebenda Bd. 23, 1903, auseinandergesetzt.

Von E. Montgomery kannte ich zur Zeit der Abfassung der genannten Auseinandersetzung nur den Artikel: To be alive, what is it? (The Monist 1895). Nachdem ich jetzt von älteren Schriften dieses Verfassers Kenntnis genommen habe (für unsere Zwecke ist vor allem wichtig: The Substantiality of life, Mind 23. July 1881), freut es mich sehr, hier erklären zu können, daß E. Montgomery mehr als irgendein anderer die unbedingte Notwendigkeit einer autonomen Biologie, trotz damals noch recht unzureichender Erfahrungsdaten, erkannt hat. Die von ihm vertretene 'Lebensstoff'-Theorie kann keinen Grund abgeben, die Verwandtschaft gerade seiner analytischen Auseinandersetzungen mit den meinigen zu übersehen.

Digitized by Google

29. Diese Behauptung bedarf insofern zweier Einschränkungen, als einmal der Begriff des 'Ganzen' zu präzisieren wäre, wobei u. a. der Begriff des Keimblattes in Betracht kommt, und als zweitens der den differenzierenden Agenzien zur Verfügung stehende Teil nicht unter ein gewisses Substanzquantum sinken darf. Näheres in meinen sachlichen Publikationen, zumal: 'Lokalisation', 'Org. Regul.' und Arch. Entw. Mech. 14, p. 237.

---

30. Was bisher gegen meine Beweise für eine Autonomie der Lebensvorgänge geäußert worden ist, habe ich in eingehender Darlegung erörtert und widerlegt in denselben Publikationen, in welchen ich auf den meinigen verwandte, obschon minder analysierte Ansichten eingegangen bin (Biolog. Zentralblatt 22, Nr. 14 und 15, 1902, und 23, Nr. 21—23, 1903; Ergebnisse d. Anat. u. Entwicklungsgesch. 11, 1901, p. 839 ff.).

Es bedürfen jetzt diese meine Darlegungen einer Vervollständigung nach zwei Seiten hin:

Klebs (Biolog. Zentralblatt 24, Nr. 8 und 9, 1904) hat meinen Erörterungen über sein Buch 'Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen' widersprochen und hält an dem einmal eingenommenen Standpunkt fest. Zu seinen neuen Darlegungen wäre vornehmlich folgendes zu bemerken:

In keinem seiner zahlreichen, wohldurchgeführten Versuche, auch in den neu hinzugefügten an Sempervivum nicht, handelt es sich um äußere experimentelle Determinierung der eigentlichen ortsbestimmenden 'Ursachen'[1]) des Einzelgeschehens der Formbildung. Klebs verändert nur die Folge der großen Gestaltungsphasen der Pflanzen (Sproß, Rosette, Blüte usw.) oder er unterdrückt einige derselben, und zwar tut er das, indem er allgemeine 'Bedingungen' (ich sage: 'Mittel') der Gestaltungsprozesse wie Licht, Feuchtigkeit usw. ihrem Dasein oder ihrer Intensität nach experimentell bestimmt.

Was er als Effekte erzielt, sind Reaktionen auf die Variation dieser 'Bedingungen' oder 'Mittel', und es muß bis auf weiteres dem wissenschaftlichen Geschmack überlassen bleiben, zu entscheiden, ob etwa die Unterdrückung gewisser Gestaltungsphasen daraus resultiert, daß eben notwendige Mittel zu ihrer Ausführung fehlen, oder ob etwa die Qualität der jeweilig realisierten Gestaltungsphase als adaptive Reaktion auf die Konstellation der gebotenen Mittel hin zustande kommt, indem unter den verschiedenen der 'Potenz'[2]) nach vorliegenden Möglichkeiten eine, und zwar, wie Klebs mit Recht[3]) bemerkt, nicht etwa durch die

---

1) Hierzu siehe Haupttext dieses Buches p. 98 f.

2) Klebs sagt 'spezifische Struktur'; es soll aber doch gerade erst entschieden werden, ob die 'Potenz' eine 'Struktur' ist. Leider ist Klebs auf meine Scheidung der Potenz in 'explizite' und 'implizite' nicht eingegangen.

3) Ablehnen muß ich dagegen Klebs' Annahme, daß der regulativen, durch Variation äußerer Faktoren gesetzten Formbildung und der eigentlichen Ontogenese letzthin dieselben 'inneren Bedingungen' zugrunde lägen, indem bei letzterer diese

Digitized by Google

künstlich geschaffene Konstellation 'äußerer Bedingungen' als solche, sondern letzthin durch die nur mittelbar geschaffene 'innere' Bedingungskonstellation (meinen 'sekundären oder wahren Reiz'[1]), realisiert wird.

Beide der genannten Auffassungen sind zur Zeit möglich, beide, und das ist uns hier das Wichtige, haben mit der Örtlichkeitsbestimmung der morphogenen Einzeleffekte gar nichts zu tun. Nur von der Örtlichkeitsbestimmung morphogener Einzeleffekte redet aber mein aus der Differenzierung harmonisch-äquipotentieller Systeme gewonnener Autonomiebeweis! Also bleibt es dabei, daß Klebs' Ergebnisse meine Darlegungen weder stützen, noch widerlegen können.

Klebs hält sich in seiner Erwiderung besonders daran, daß ich nebenbei auch aus dem Grunde, weil seine Versuche sich auf 'offene' Formen bezögen, ihnen die Beweiskraft für 'geschlossene'[2]) absprach. Infloreszenzen, sagt er, seien auch geschlossene Formen; ja der Vegetationspunkt, von dem sie ausgehen, sei geradezu ein harmonisch-äquipotentielles System[3]); er könne nun aber durch Variation der Außenbedingungen, z. B. bei Veronica und Sempervivum, die Infloreszenz in einen Sproß oder in Zwischengebilde, jedenfalls in 'offene' Formen verwandeln.

Alles zugegeben; aber wie kann denn eine analytisch gewonnene Aussage über ganz notorisch 'geschlossene', und zwar harmonisch-äquipotentielle Systeme darstellende Gebilde dadurch hinfällig werden, daß man zeigt, es könnten unter gewissen Umständen an Stelle derselben offene Formen sich differenzieren?

Es ist besonders bedeutsam, dieses 'an Stelle' zu beachten: Klebs verändert in seinem Versuch in der Tat die eigentliche evolvierte Spezifität der Pflanze, er tut gewissermaßen dasselbe, was Herbst in noch typischerer Art bei seinen Lithiumversuchen — nur bei diesen — ausführte; es ist also gewissermaßen eine andere 'Form' das Objekt der entwicklungsphysiologischen Analyse geworden; entwicklungsphysiologische Analyse selbst soll aber jetzt erst beginnen!

Kennt denn etwa Klebs die eigentlich lokalisierende Ursache für jede Einzelbildung seiner in offene Formen umgewandelten Infloreszenzen?

Bedingungen 'von der letzten Generation mitgegeben seien'. Das würde eine sehr seltsame, durch nichts gestützte Vererbungsgesetzlichkeit voraussetzen, wenigstens sobald an nicht vegetative Vermehrung gedacht ist, und paßt auf zoologische Verhältnisse nun einmal ganz und gar nicht. Man denke hier auch an meinen Begriff der 'äquifinalen Regulation'. — Nach meiner Auffassung wäre in jenen beiden Fällen die Entelechie oder Potenz (und zwar als explizite Potenz, vgl. vor. Anm.) dieselbe, aber weder die 'wahren Reize', noch die 'Mittel'. Mit dem Wort 'erblich fixiert' ist allerdings auch nach meiner Auffassung nichts besagt.

1) 'Organische Regulationen', p. 121.

2) Über diese Begriffe vgl. meine 'Analyt. Theorie', p. 105 ff.

3) Das ist möglich, aber nicht bewiesen. Wenn dicke und dünne Vegetationspunkte sich proportional differenzieren, so beweist das gar nichts: einem bestimmten Objekt müßte zum Entscheid beliebiges Material entnommen werden.

Digitized by Google

Doch ganz und gar nicht. Er weiß höchstens, warum als Totalität die offene und nicht die geschlossene Form da ist[1]).

Aber nur auf das Einzelgeschehen innerhalb der als 'spezifische' gegebenen Totalität beziehen sich meine ganzen Darlegungen. Nur in bezug auf jenes glaube ich beweisen zu können, daß eine völlige Auflösung in formative lokalisierende Einzelkausaleffekte in gewissen, genau gekennzeichneten Fällen unmöglich ist, und solches, obwohl ich der Erforschung formbildender Reize sehr sympathisch gegenüberstehe, obwohl ich in den experimentellen Ermittlungen von Herbst (Pluteusarme) und Spemann (Linse) sehr wichtige Ergebnisse erblicke und obwohl ich selbst Entsprechendes für das Wandern des Mesenchyms der Seeigel durchführte. Es gibt eben Fälle, in denen immer ein unauflöslicher Rest in Sachen der Lokalisationsfrage bleibt[2]), wie namentlich die Bruchstückversuche aller Art lehren; solche Fälle nenne ich 'harmonisch-äquipotentielle Systeme' und behaupte ihre Differenzierungsautonomie.

Wenn Klebs nun also Gebilde, welche sonst Fälle unserer Systeme sein würden, zwingt, sich als Gebilde zu gestalten, welche nicht solche Systeme sind, wie kann damit die Erkenntnis der Gesetzlichkeit jener Systeme da, wo sie sind, widerlegt sein? Wenn ich die Tubularia zwinge, als Stolo fortzuwachsen, so zeigt sie sich auch nicht mehr als harmonisch-äquipotentielles System, und auch die Clavellina tut das nicht, wenn sie stoloartig nach hinten fortwächst: aber jederzeit kann ich eine Art der morphogenen Geschehensgesetzlichkeit sich wieder realisieren lassen, welche das harmonisch-äquipotentielle System und seine auf die Lokalisationsverhältnisse basierte Autonomie zeigt.

Im übrigen enthebt mich natürlich der Haupttext dieses Buches, welcher ja meine Entelechielehre mit allen aus ihr folgenden Konsequenzen enthält, der Notwendigkeit, weiteren Äußerungen von Klebs entgegenzutreten. So wird hoffentlich, um nur das zu erwähnen, aus ebendiesem Haupttext auch ersichtlich sein, daß 'das wesentliche Kennzeichen für die Entelechie' nach meiner Auffassung durchaus nicht in ihrer 'von der Außenwelt unabhängigen Wirkung' liegt, wie Klebs mir zuschreibt; hat er übrigens doch auf ebenderselben Seite (303) seines Aufsatzes meine Bemerkung, daß 'unter zureichenden äußeren Bedingungen'

---

1) Mit dieser Wendung gebe ich Klebs sehr viel zu. Harmonische Äquipotentialität kann natürlich in andern Fällen aus dem gleichen Grund in ihrer typischen Entfaltungsfähigkeit gestört sein, aus welchem ein Architekt wegen starken Sturmes oder wegen Eisenmangels in Ausführung seines Planes gestört ist: 'Bedingungen' hemmen, oder 'Mittel' fehlen.

2) Ich habe also durchaus nicht, wie Klebs meint, allgemein 'für solche Fälle der Entwicklung, bei der die Teile nicht nacheinander, sondern auseinander entstehen', den Begriff des harmonisch-äquipotentiellen Systems aufgestellt; sondern diese Bezeichnung wird einem — allerdings nie 'offenen' — System nur auf Grund ganz besonderer, experimentell erhärteter Kennzeichen differenzierungs-lokalisatorischer Art gegeben.

Digitized by Google

das proportional richtige Resultat von der Entelechie besorgt werde, abgedruckt, eine Äußerung, welche jenen Angriff wohl hätte unbegründet erscheinen lassen müssen, ganz abgesehen davon, daß z. B. meine Referate in den 'Ergebnissen' doch wohl gezeigt haben, daß ich 'Mittel' oder 'Bedingungen' der Formbildung wahrlich nicht übersehe. —

C. M. Child hat eine Reihe wertvoller Beiträge zur Lehre von den Formregulationen der Organismen geliefert. Insbesondere hat er überzeugend dargetan, daß bei dem Turbellar Stenostoma die spezifische äußere Körperkonfiguration, zumal soweit das Verhältnis zwischen Länge und Breite und die Schwanzzuspitzung in Betracht kommt, von den typischen Bewegungsreaktionen des Wurmes abhängt (Arch. Entw. Mech. 15.). Child zeigte dann später, daß derselbe Faktor wohl auch bei dem Richtungsausgleich von Regeneraten, welche wegen schief angelegter Wundfläche anfänglich schräg ausgestaltet worden waren, eine Rolle spiele (Journ. Exp. Zool. 1.).

Zum Teil soll das alles die Folge direkter mechanischer Bewirkung, zum Teil wohl Reizbeeinflussung sein. Ich möchte mir schon hier die andern Orts näher auszuführende Bemerkung erlauben, daß die Gesamtheit der Childschen Befunde wohl am besten als Ergebnis 'funktioneller Anpassung' gedeutet wird und eine große Ähnlichkeit mit älteren Befunden Barfurths an Kaulquappen darbietet[1]).

Man wird nun erstaunt sein zu vernehmen, daß diese und einige andere (Biol. Bull. 5 und 6) Ergebnisse meine Entelechielehre widerlegen sollen! Auch dieser neue Gegner meiner Ansichten ist wieder so verfahren, daß er bekämpfte, was ich nicht gesagt habe, und, was ich sagte, nicht genau beachtete.

Ich betone immer und immer wieder, daß ich doch genugsam meine 'harmonisch-äquipotentiellen Systeme' und meine 'Systeme mit komplexen Potenzen' definierte, und daß ich nur im Hinblick auf diese Systemarten von einem Beweise von Autonomie geredet habe.

Wenn also z. B. nach Child ganz kleine und recht große Querstücke von Cerianthus durch echte Sprossungsregeneration gleich lange Tentakeln bilden, so sagt das gar nichts gegen mich, da ich nicht in unbestimmter Weise von Proportionalität, sondern von proportionaler Ausgestaltung der harmonischen Systeme geredet habe, und da solche Systeme die Grundlage echter Sprossungsregeneration gerade nicht sind[2]).

1) Barfurth, Arch. f. mikr. Anal. 37, 1891. Übrigens ist Barfurths Deutung sehr vorsichtig; hierzu meine 'Organ. Regulat.', p. 68 f. — Man vergleiche auch meine Analyse des Begriffs 'Funktionelle Anpassung' in Ergebnisse d. Anat. u. Entw. 8, 1898, p. 792 ff. und 'Organ. Regulat.', p. 34 f.

2) Daß Hydranten aus verschiedenen Regionen des Stammes der Tubularia verschiedene Proportionalität besitzen, soll auch gegen mich sprechen. Dieses Ergebnis, das ist Child wohl entgangen, habe ich selbst aufgefunden! (Arch. Entw. Mech. 9, 1899); aber ich habe auch jede Art von Beschränkung von Äquipotentialität verständlich zu machen gesucht, und das hat er nicht beachtet.

Digitized by Google

Was aber jene Versuche zur funktionellen Anpassung angeht, so möchte ich doch wissen, wo ich den Begriff des organisierten Lebenskörpers so roh aufgefaßt haben soll, daß ich ihn der äußeren Konfigurationsfläche gleichgesetzt hätte!

Und nun soll ich gar noch gesagt haben, jene 'definite hard and fast form' (nämlich die Konfigurationsfläche!) entwickle sich 'independent of physical conditions', wo ich den Begriff des Mittels der Formbildung bei jeder möglichen Gelegenheit diskutiert habe!

Ich betone auch Child gegenüber wieder, was ich Klebs gegenüber bemerkte, daß mir jede wahrhaft 'formative' Auflösung der Gestaltung äußerst willkommen ist, und daß ich in der Tat in Childs Ergebnissen sehr wertvolle Resultate erblicke, die noch dazu in seltener Sorgfältigkeit ermittelt wurden.

Aber 'widerlegen' tun diese Ergebnisse meine theoretischen Ansichten nicht, weil sie eben gar nichts mit ihnen zu tun haben: ehe fördernde, richtende und ordnende mechanische Faktoren irgendwie wirken, muß doch wohl etwas dasein, auf das sich solche Wirkung erstreckt[1]). Dieser eine Satz genügte, um das Haltlose der angeblich allleistenden Bedeutung jener an und für sich sehr wichtigen Versuche zu zeigen: eben auf die Genese jenes Etwas, das 'dasein muß', erstrecken sich meine Ausführungen. Man denke hier nun einmal nur an den Kiemendarm der Clavellina und das, was an ihm geschehen kann! Das genügt! Was leisten hier die 'mechanischen Faktoren' jeder Art? —

Übrigens hat in seiner letzten Publikation (Journ. Exp. Zool. 1.) Child seinen schroffen Standpunkt wesentlich gemildert; wenn er sagt (p. 102): 'In many cases there is no doubt that other internal stimuli bring about growth, but even in such cases mechanical conditions must usually play a certain part in the final arrangement of the material produced', so unterschreibe ich das durchaus; und wenn er schreibt (p. 126): 'no one would admit more readily than myself, however, that many other factors may be concerned here' (nämlich außer seinen mechanischen), so drückt er nichts anderes als meine Ansicht aus. Aber wozu dann die Polemik? Meine Entelechiebetrachtungen scheinen auf manche Leute wie eine Art Monstrum gewirkt zu haben, das man sich scheut überhaupt näher anzusehen. Ich kann hier die ganz allgemein gedachte Bemerkung nicht unterdrücken, daß die so hochverdienten amerikanischen Autoren

---

1) Noch mehr an der Oberfläche bewegt sich Childs Darlegung, wenn er (Biol. Bull. 6, 1903) im Anschluß an den Nachweis, daß bei Bildung der dünnen Wundschlußmembran von Cerianthusstücken Kapillarität wahrscheinlich mitbeteiligt sei, betont, weder das Fehlen von etwas, noch die Wundfläche bedinge hier Restitution, sondern einfache physikalische Faktoren, und es sei hier nichts adaptiv oder teleologisch. Hier ist zugunsten der Beteiligung von Kapillarität geradezu alles andere übersehen. Es ist gerade so, als wolle man sagen, der Bau einer Maschine sei eine Wirkung der Schwerkraft!

Digitized by Google

den Wert ihrer Arbeiten nur noch erhöhen würden, wenn sie allgemein das rühmliche Vorbild ihres Landsmanns E. B. Wilson befolgen und fremde Literatur stets wirklich sachgemäß prüfen und erörtern würden. —

Auf H. Friedmanns inhaltreiche Abhandlung 'Die Konvergenz der Organismen' (Berlin 1904) würde ich an Stellen des Haupttextes eingegangen sein, wenn sie nicht erst nach Abschluß des Druckes desselben erschienen wäre; sie enthält vor allem — unter Ablehnung der Deszendenztheorie — kritische Ansätze zu einer Organisatorik und rationellen Systematik (vgl. Zusatz 19).

Die Differenzen in Sachen des Apriori und des Raumproblems wird ein Leser unser beider Schriften leicht herausfinden.

Was Friedmanns Stellung zur Autonomiefrage angeht, so erklärt er meine 'Analyse des Lebensgeschehens' für 'sachlich bisher unwiderlegt'; trotzdem sei die Biologie keine 'autonome Wissenschaft', einen 'machinalen Charakter' trügen auch die von mir analysierten Lebenserscheinungen.

Es scheint mir, daß die Differenz zwischen uns auf Definitionsfragen hinausläuft: eine 'allgemeine Homonomie der organischen und der anorganischen Naturwissenschaften' vertrete ich ja gerade in diesem Buche, soweit die allgemeinsten Geschehenssätze in Betracht kommen, wenn schon ich in deren Auffassung von Friedmann erheblich abweiche und ihre Geltung nicht gerade für besonders inhaltreich halte. Von einer beschränkteren 'Autonomie' der einzelnen Teile der Physik redet aber doch sogar mein Kritiker; warum nicht in diesem Sinne von autonomer Biologie? Wenn Friedmann sich an dem Ausdruck 'intensive Mannigfaltigkeit' stößt, so darf ich mich wohl der Hoffnung hingeben, daß dieses Buch seine Bedenken gehoben hat.

Was endlich im besonderen jene Bemerkung angeht (p. 223), daß die Tatsache der 'dynamischen Teilbarkeit des Raumes', d. h. das Faktum, daß 'bei jeder willkürlichen Begrenzung unseres machinalen Raumes innerhalb seiner wirklichen Grenzen für jeden der so gebildeten Räume die Wirkungsregel erhalten bleibt', nur in besonderer Form in meinem Differenzierungsgesetz harmonisch-äquipotentieller Systeme wiederkehre, wodurch eben dessen 'machinale' Natur bewiesen werde, so scheint mir, daß hier der bloße Wortausdruck Friedmann zum Ziehen einer falschen Analogie zwischen einer sehr allgemeinen und einer recht speziellen Sache verführt hat: Sachlich besagt die 'dynamische Teilbarkeit' des Raumes in Kürze doch nur, daß die Geschehensgesetzlichkeit in einem 'großen Raum' dieselbe ist wie in einem 'kleinen Raum'; solches ist ganz gewiß auch bezüglich der Lebensphänomene der Fall. Es ist aber, soweit Anorganisches in Frage kommt, gerade nicht der Fall, daß eine typische Geschehenskonstellation sich mit abnehmendem Geschehensraum proportional verkleinert, und darum handelt es sich gerade im Organischen. —

Daß die Entelechie mit der Spezifität der Form zusammenfalle, ist richtig; eine 'Erhaltung der Spezies' scheint mir daraus aber nicht zu

Digitized by Google

folgen. Irgendwie denkbar wäre Deszendenz (natürlich nicht rein 'historisch' verstanden) auch auf Basis der Einsicht in die Lebensautonomie. Wir wissen hier ja eben nichts. —

Rosenbachs sehr individuelles Buch 'Energetik und Medicin' (2. Aufl., Berlin 1904) lernten wir erst dicht vor Beendigung des Druckes kennen. Es eignet sich nicht zu kurzer Bezugnahme. Dem vergleichenden Leser muß das Auffinden von Ähnlichkeiten und Gegensätzen überlassen bleiben.

---

31. Mit diesen Beweisen begebe ich mich also auf sogenanntes 'psychologisches' Gebiet. Naturgemäß können dem Naturforscher 'handelnde' Menschen nur als sich bewegende Naturkörper Objekt sein; die Frage nach 'Bewußtsein' tritt für ihn überhaupt gar nicht auf. In meiner 'Seele' ist das und alles daraus Folgende ausgeführt.

Es mag aber hier wenigstens kurz auf Untersuchungen, die von wahren 'Psychologen' herrühren, das Augenmerk gelenkt sein, damit klar werde, wie identische Resultate auf scheinbar sehr verschiedenartigen Gebieten erzielt wurden.

Um die Frage des 'psychophysischen Parallelismus' handelt es sich; Busse (Geist und Körper, Seele und Leib. Leipzig 1903) kann uns als einer der Hauptvertreter der Gegner dieses Dogmas gelten; auch wir sind Gegner desselben.

Fragen wir uns hier nach dem allgemeinsten Standpunkt Busses, also zumal nach seinem Verhältnis zu den Begriffen 'Natur' und 'Energie', so überrascht zunächst, daß er den Begriff 'Natur' merkwürdig eng faßt und daher nicht klar erkennt, daß 'Vitalismus' und Gegnerschaft gegen den Parallelismus im wesentlichen dasselbe bedeuten.

Aus seiner Stellung zum Naturbegriff folgt Busses Stellung zur Energetik: den ersten Energiesatz sondert er, wie auch z. B. Wundt, scharf in den Konstanz- und den Äquivalenzsatz. Der letztere gilt zwar für die beim 'Seelischen' in Betracht kommenden physischen Vorgänge, aber er ist für das eigentlich 'Seelische' bedeutungslos, da er sich nur von 'Körper' auf 'Körper' bezieht; der erstere soll nicht gelten; abwechselnd gäbe es Energiegewinn und Energieverlust. Eine seelische Energie (Ostwald) lehnt Busse nach diesem selbstredend ab.

Aber er ist auch gegen die Theorie der 'Doppelursachen' und 'Doppeleffekte', sowie gegen die 'Auslösungstheorie'.

Das Seelische sei etwas ganz Neues, nicht irgendwie das Ergebnis einer Integration oder Umbildung. Es sei unstetig im Gegensatz zur Stetigkeit des Physischen.

Es wird dem Leser unserer Arbeit, auch ohne daß wir es sagen, klar werden, daß wir mit vielem der Busseschen Darlegungen, namentlich mit seiner Stellung zur Energiefrage, nicht übereinstimmen können.

Mit vielem Kritischen stimmen wir aber überein, und wir haben andern Orts ausgeführt, daß unsere Art, die Unrichtigkeit des psychophysischen Parallelismus — unabhängig von allen sich daraus ergebenden

Digitized by Google

Folgerungen — zu beweisen, sich oft ganz auffallend eng mit Busses Vorgehen berührt. Auf unsere kürzlich veröffentlichten Ausführungen (Biolog. Zentralbl. 23, 1903) sei denn überhaupt der Leser bezüglich alles Weiteren, das wir über Busse zu sagen haben, verwiesen.

Übrigens sind neben Busse und, wie natürlich, E. v. Hartmann auch Sigwart, Schuppe, Stumpf, Lasson u. a. unter neueren Philosophen Gegner der Theorie vom psychophysischen Parallelitätsdogma.

---

32. Man vergleiche hierzu z. B. die Ausführungen Plancks (Vorles. üb. Thermodynamik, p. 65 und 105): kommen nur feste und flüssige Körper in Betracht, so gilt Berthelots Satz praktisch vollkommen, da äußere 'Arbeit' und ihr kalorisches Äquivalent zu vernachlässigen ist. Der Satz gilt, kurz gesagt, immer dann, wenn die Änderung des zweiten Gliedes der Helmholtzschen Gleichung über freie und gebundene Energie (9. S.) praktisch bedeutungslos ist.

---

33. Gesprächsweise ist mir eine andere Auffassung des chemischen Potentials entgegentreten, dahingehend, daß einer sich umsetzenden chemischen Gesamtheit, also etwa zwei zusammengegossenen, Umsatz gestattenden Lösungen, als solcher ein 'Potential' zuzuschreiben sei, welches mit der Zeit bis zu erreichtem Gleichgewicht abnehme. Solche Auffassung würde auch wohl dem Gedankenkreis Walds nicht fern liegen. Sie ist logisch jedenfalls zulässig, aber sie sagt außerordentlich wenig aus, noch weniger als jede andere Formulierung; sie verdeckt ganz und gar das 'Spezifische in bezug aufeinander'. Am besten dürfte sie noch für Umsätze, welche deutlich nicht zu Ende ablaufen, geeignet sein.

---

34. Das braucht nicht unbedingt ein 'Element', sondern kann ein 'Radikal', ein 'Ion' oder ein chemisches Individuum beliebiger Zusammensetzung sein. Etwas größere Schärfe der Definition täte hier wohl noch not; das (freilich eindeutige) Wort 'Molekülgattung' (Nernst) möchten wir als fiktiv lieber vermeiden.

Gut umschreibt Planck (Thermodyn. p. 163) den Begriff des 'unabhängigen Bestandteils': 'Man bilde zunächst die Zahl sämtlicher im System vorhandener chemisch einfacher Stoffe (Elemente) und scheide dann aus dieser Reihe diejenigen Stoffe als abhängige Bestandteile aus, deren Menge durch die der übrigen Stoffe in jeder Phase von vornherein bereits mit bestimmt ist; die Zahl der übrigbleibenden Stoffe ist die Zahl der unabhängigen Bestandteile des Systems'. —

Man vergleiche zu allem den Satz: 'Chemische Individuen sind Phasen, welche in einem Phasensystem mit wenigstens einer unabhängigen Variation entstanden sind und bei allen mit dem Bestande des Phasensystems verträglichen Variationen merklich konstante Zusammensetzung haben (Wald, Zeitschr. phys. Chem. 24, p. 648. Ähnlich auch Ostwald, Grundriß, 3. Aufl., p. 374).

Digitized by Google

35. Logisch lehrreich ist auch z. B. das Studium der Benetzungserscheinungen, die eine Vergrößerung der Oberfläche entgegen der 'Oberflächenspannung' bedingen: hier wird eben gesagt, das Adhäsionspotential zwischen Glas und Wasser sei das intensivere.

Übrigens haben wir hier auch ein ganz anders als das im Text besprochene geartetes, gutes Beispiel für 'Zerstreuung': bei Schaffung des konkaven Meniskus des Wassers in einer Röhre wird Wasser gehoben, das Potential in Hinsicht von Distanzenergie ('Fallkraft') wird also erhöht; aber es wird nicht um so viel erhöht, wie das Adhäsionspotential sank, da die Reibung eine wenn auch sehr geringe Erwärmung bewirkte, und da doch auch ein Kohäsionspotential (in bezug auf die Wasserteile unter sich) neu geschaffen ist. —

Auf die neueste Elektronen-'Chemie' sind wir absichtlich nicht näher eingegangen; daß sich das gesamte aprioristische Energienetz auch ihr über den Kopf werfen ließe, ist klar und wurde auch p. 57 bezüglich des ersten Satzes wenigstens angedeutet: es gibt einfach eine neue Affinitätsart (zwischen 'Atomen' und 'negativen Elektronen'), also auch neue Arten 'Potential, eine oder mehrere neue Arten 'Energie'. —

Was würden die Energetiker wohl anfangen, wenn pötzlich auf unsere Erde ein Körper mit der Temperatur 1° C flöge, der, ohne besonders groß zu sein, seine Umgebung auf ungeheure Strecken hin auf + 2° C abkühlte? Sie würden sagen, jener Körper habe eine enorme spezifische Wärme etwa von 10^{12} Kalorien, wenn die des Wassers = 1 ist. So wäre aus der Abkühlung Erwärmung, nämlich des fraglichen Kröpers von 1 auf 2° C geworden. Gewiß ginge das an, und das Schema bliebe schönstens gewahrt. Man frage sich nun einmal, ob es nicht auch gewahrt bliebe, wenn man 'Kälte' als positive Eigenschaft und 'Abkühlen' als positive Wirkung einführen würde (was übrigens 'sinnesphysiologisch' und auch 'tatsächlichkeitstheoretisch' gar wohl anginge). Gewiß auch dann! — Das Schema ist eben fest und übt seinen Zwang; 'erkannt' wird durch seine Anwendung aber wahrlich nicht eben viel.

---

36. In dieser Kennzeichnung der organischen Körper durch die Entelechie ist zugleich implizite Ausdruck verliehen demjenigen, was zutreffend ist an dem Satze, daß der Stoff in seiner Spezifität für die organischen Körper relativ unwesentlich sei (Pfeffer, Herbst, Noll). Wenn man sagt, man könne Maschinen aus allem möglichen Material bauen, und sie blieben doch dieselben, so ist das in Hinsicht auf die 'Idee' ohne weiteres zuzugeben; natürlich dürfen nicht chemische Spezifitäten in die Idee der Maschine integrierend eintreten.

---

37. Nathansohn, Jahrb. wiss. Bot. 38, 1902. 39, 1903. Es handelt sich um ein nur teilweises, nicht bis zum osmotischen Gleichgewicht fortgeführtes Austreten oder Eintreten von Salzen aus oder in Pflanzenzellen.

Digitized by Google

Alle Erklärungen außer aktiver regulatorischer Tätigkeit im Sinn einer Durchlässigkeitsänderung lassen sich ausschließen.

Im übrigen sind verwandte, aber nicht so klar durchforschte Erscheinungen in meinen 'Organischen Regulationen' erörtert. Bei Nathansohn finden sich außer der eignen Leistung Betrachtungen über fremde ähnliche Ergebnisse der allerletzten Zeit (z. B. v. Mayenburg.)

---

38. Auch an Menschheitsgeschichte ist immer nur so viel wirkliche 'Wissenschaft', als nicht 'Geschichte' darin ist. — Es gehört zu einer der vielen Naivitäten, welche 'die moderne Entwicklungslehre' geleistet hat, die Behauptung, daß durch die problematischen Deszendenzphantasien das 'Verständnis' der Menschheitsgeschichte gefördert sei. Als ob man zum Teil Bekanntes durch ganz Unbekanntes fördern könnte! — Was die Menschheitsgeschichte selbst angeht, so habe ich schon in meiner 'Seele' die hier obwaltenden Möglichkeiten angedeutet: Entweder alles ist hier wirklich 'Geschichte', d. h. als Totalität zufällig und daher höchstens (s. p. 210) ganz unbestimmt allgemein-teleologisch; in diesem Fall ist das Psychologische, richtiger das Psychoidologische, sind zumal Sprache und Schrift die einzigen rationellen Elementarfaktoren, die einzigen 'Gesetze'; alle 'Perioden' und dergleichen sind nur Kollektivbegriffe. Oder es gibt hier ein elementares, wahres, obschon unbekanntes Entwicklungsgesetz, also dynamisch-teleologische elementare Sonderfaktoren, die zur Zeit natürlich noch wenig klar erkannt sind: es gibt ein Ziel; alle 'Perioden' sind in diesem Fall unmittelbar der Ausdruck elementarer Gesetzlichkeit, 'Geschichte' im strengen Sinne bleibt nur weniges daran.

Wie sich Männer wie Taine und Lamprecht die Sachlage gedacht haben, erscheint nicht ganz deutlich; bei letzterem möchte man an die Annahme wahrer Sondergesetzlichkeit denken; die moralisierende Art von Geschichtsforschung ist bekanntlich stets wenig skrupellos in der Anwendung vermeintlich erkannter Sonderteleologie gewesen. An wahre 'Entwicklung', d. h. an einen logischen Sinn in dem rein zeitlich gefaßt bedeutungslosen Geschichtsablauf, denkt Hegel; es ist hier aber nicht zu vergessen, daß in der Geschichte solcher Gebiete, in denen, wie in der reinen Philosophie und etwa der Mechanik (hierzu Dühring), das Logische als Objekt die Hauptrolle spielt, scheinbar elementare Perioden auch wohl durch die bloße Natur des behandelten Gegenstandes herauskommen können. — Im übrigen ist nicht zu vergessen, daß das Individualleben einen 'Sinn' haben könnte, ohne daß die 'Geschichte' ihn hätte; so dachte bekanntlich Schopenhauer und jenes eminent philosophische und geschichtslose Volk: die Inder. — (Man vergleiche zu allen diesen Fragen den guten, gegen Rickert gerichteten Aufsatz von Schmeidler, Annal. Naturphil. 3, p. 24.)

Digitized by Google

39. So verfuhr schon der erste Systematiker des fiktiven Materialismus, Demokrit. Windelband (Gesch. d. Phil. 3. Aufl., p. 88 Anm.) macht mit Recht auf den in diesem Sinne besonders zutreffenden Ausdruck *διασώζειν τὰ φαινόμενα* aufmerksam. —

Bütschli hat in einem beachtenswerten Aufsatz bemerkt (Annal. Naturphil. 3, p. 125), daß die 'causa essentialis', die 'Bedingung', anders: das 'spezifische Vermögen', also das, was wir in unserer dritten Formulierung des Kausalsatzes 'Ursache' nennen (s. o. p. 98), ein Erkenntnisgrund und keine Ursache sei. Das ist richtig und kommt im Text bei unserer Auffassung rationeller Wissenschaft zum Ausdruck. Aber unsere Auffassung ist im Sinn erweiterter Wirklichkeit auch 'richtig': wir machen uns aus den Naturgesetzen, also aus den Erkenntnisgründen für das Einzeln-Wirkliche, Faktoren der Natur, welche wir als 'erweiterte Wirklichkeitselemente' an bestimmte Stellen des Raumes verlegen; da sind sie nun Kausalfaktoren; es sind unsere 'Konstanten'. So eben wird Kausales logisch.

Bütschli ist übrigens bei seiner Theorie der Begriffsbildung auf den Unterschied der Wertigkeit der Generalbegriffe, je nachdem Eigenschaftsverallgemeinerung oder Eigenschaftsfortlassung ihnen zugrunde liegt, nicht eingegangen.

Was Bütschlis Auffassung von der meinigen fundamental scheidet, liegt aber nicht in dem hier zur Sprache Gebrachten, auch nicht im Problem der Teleologie, sondern in unserer Stellung zur Anschaubarkeit des höchsten Wirklichen; er: esse = imaginari; ich: esse = cogitari = concipi; beidemal 'esse' nicht im unmittelbaren Sinne (= percipi) gedacht.

---

40. Am treffendsten findet sich unter Neueren gerade dieser Gedanke betont bei E. v. Hartmann: Finalität ist nach ihm sogar eine echte 'Kategorie' (s. zumal die 'Kategorienlehre'), was sie nach Kant bekanntlich nicht ist. Man vergleiche im übrigen Schopenhauer und seine Gegner, die Naturphilosophen. Wir lassen die kategoriale Frage hier einstweilen offen. —

Wir erblicken in der Wiederaufnahme der von den genannten Männern unternommenen, aber ungelösten Aufgabe, der Aufgabe eines Natursystems, das wichtigste Problem künftiger Philosophie.

Freilich weit sind wir noch von der Lösung solchen Problemes entfernt, das zeigt die noch allgemeine Verbreitung einer Ansicht, für die wohl Wundt als Sprecher gelten kann, einer Ansicht, welche kausal gleich physikalisch-chemisch und final gleich vital setzt und die beiden Begriffe in diesen Definitionen einander reziprok setzen will.

---

41. Wer nun noch immer nach 'positiven Beweisen' des 'Vitalismus' fragt, zeigt, daß er wissenschaftliche Aufgaben mißversteht: unsere letzte Leistung, die sondernde Kennzeichnung des Vitalen im Naturganzen ist der positive Beweis. —

Digitized by Google

Alle unsere biologischen Bestrebungen gingen nur die Autonomie einzelner Lebensgeschehnisse an; über das Organisatorische engeren Sinnes sagten wir nichts aus; das ist Aufgabe eines Systems der Entelechien.

Es ist wohl nicht überflüssig, zu bemerken, daß unsere Autonomielehre sogar über die Frage, ob die Lebensformen überhaupt organisatorisch-gesetzlich oder nur adaptiv-gesetzlich oder beides gemischt seien, noch gar nichts aussagt. Autonomie und Entelechie bestünden auch ohne organisatorische Gesetzlichkeit, aber es gäbe dann kein System der Entelechien in tieferem Sinne. 'Gesetzlich zusammengesetzt' wären organische Körper natürlich trotzdem. — Wir glauben zwar an wahre organisatorische Gesetzlichkeit.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

14 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED
BIOLOGY LIBRARY
TEL. NO. 642-2532
This book is due on the last date stamped below, or
on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.

MAY 4 1976
APR 8 1976
UCLA
INTERLIBRARY LOAN
OCT 1 1976
DUE
JAN 8 1979
Subject to Recall
Immediately
INTER-LIBRARY
LOAN
NOV 30 1978

LD21A–6m–7,'75
(S7525L)

General Library
University of California
Berkeley

Digitized by Google

U.C. BERKELEY LIBRARIES
C026264671

Digitized by Google